

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»  
УДК 621.31

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Керування попитом на енергетичні ресурси об'єкта  
житлово-комунального господарства»

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ОН-81мп

\_\_\_\_\_ Браташ Антон Андрійович

( прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.ф.-м.н.доцент Стрелкова Г.Г.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.

(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент заст.директора з навчально-організаційної роботи,

к.т.н. доцент Данілін О.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Інститут енергозбереження та Енергоменеджменту  
Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-  
професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

**Браташу Антону Андрійовичу**

1. Тема дисертації: «Керування попитом на енергетичні ресурси об'єкта житлово-комунального господарства»
2. Науковий керівник дисертації: к.ф.-м.н., доцент. Стрелкова Г.Г..  
затверджені наказом по університету від «4»листопада 2019 р.  
№3814-с
3. Термін подання студентом дисертації: 19 грудня 2019 року
4. Об'єкт дослідження: попит на електричну енергію
5. Предмет дослідження: керування попитом на електричну енергію домогосподарств як активних споживачів.
6. Перелік завдань, які потрібно розробити: провести огляд підходів до керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача та описати тенденції розвитку DSM в світі та Україні, проаналізувати методи та методики прогнозування, що застосовуються у економіко-математичних моделях прогнозування попиту на електричну енергію, створити прогнозні моделі для визначення змін встановлених потужностей об'єктів відновлюваних джерел енергії у домогосподарствах, розробити математично-статистичні інструменти для вироблення ефективних управлінських рішень з керування попитом; визначити механізми керування попитом за наявності активного споживача; розробити стартап.

7. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження (алгоритми розрахунків та діаграми).
8. Орієнтовний перелік публікацій: Аналіз існуючих підходів до управління попитом в рамках довгострокових та короткострокових перспектив / Браташ А.А. // II Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів). Зб. наукових праць ІЕЕ, КПІ ім. Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2019. – С.93-100.
9. Консультанти розділів дисертації.

Нормоконтроль:

ас. Прокопенко І.Д.

Дата видачі завдання: 31 травня 2019 року

Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
Огляд підходів до керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача та описати тенденції розвитку DSM в світі та Україні	01.06.19-22.06.19	
Аналіз методів та методик прогнозування, що застосовуються у економіко-математичних моделях прогнозування попиту на електричну енергію	23.06.19-31.07.19	
Створення прогнозних моделей для визначення змін встановлених потужностей об'єктів відновлюваних джерел енергії у домогосподарствах і розробка математично-статистичних інструментів для вироблення ефективних управлінських рішень з керування попитом	01.08.19-31.09.19	
Визначення механізмів керування попитом за наявності активного споживача	16.11.19-25.11.19	
Розробка стартап-проекту	26.11.19 – 02.12.19	
Оформлення дисертації та презентації	03.12.19 – 07.12.19	
Оформлення реферату	17.12.19 – 20.12.19	
Захист МД	17.12.19 - 19.12.19	

Студент

Браташ А.А.

Науковий керівник дисертації

Стрелкова Г.Г.

## РЕФЕРАТ

**Структура і обсяг дисертаційної роботи.** Дисертація складається із вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, списку використаних літературних джерел. Повний обсяг дисертації складає 105 сторінки, у тому числі 86 сторінок основного тексту, 8 ілюстрацій, 26 таблиць, список використаних джерел, що містить 68 бібліографічних найменувань.

**Актуальність теми** Сучасна енергетична політика розвинутих країн світу базується на розумінні вичерпності традиційних паливно-енергетичних ресурсів, необхідності збереження довкілля та запобігання глобальних змін клімату. Саме тому у світі така велика увага приділяється питанням енергозбереження, енергоефективності та поширенню використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Україна теж не стоїть осторонь – питання розвитку відновлюваної енергетики на сьогодні є пріоритетними, і лише держава шляхом виваженої законодавчої, гнучкої цінової, тарифної та податкової політики може забезпечити їх вирішення.

Стрімке підвищення цін на паливо та фізичний знос переважної частини енергоблоків на тлі нестачі коштів на реконструкцію існуючих та будівництво нових маневрених генеруючих потужностей ОЕС України визначає актуальність пошуку нових ефективних рішень, спрямованих на збалансування національної енергосистеми. Практика багатьох зарубіжних країн показує, що одним зі шляхів вирішення цього питання може бути реалізація комплексу заходів, спрямованих на управління попитом.

Прогнозування попиту дуже важливе для розвитку електросистеми.

Недооцінка попиту створює ризик недорозвиненого парку генеруючих потужностей, створюючи таким чином ризик непокриття пікових навантажень

Переоцінка попиту може призвести до значних надлишкових потужностей та низького використання навантажень генерації.

Ефективність функціонування електроенергетики України та можливості управління попитом на електроенергію істотно залежать від діяльності

роздрібних ринків електроенергії, де формується попит на неї і відбувається надходження грошей за спожиту електроенергію.

Підприємства електроенергетики, прогножуючи свою діяльність та розробляючи програми свого перспективного розвитку, повинні вивчати попит на електроенергію загалом і по окремих сегментах ринку електроенергії, адресно орієнтуватися на конкретні групи споживачів.

**Метою дослідження** є моделювання керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача для створення інструментів з прийняття ефективних рішень з керування попитом об'єктів ЖКГ в Україні.

Для досягнення цієї мети вирішувалися наступні **завдання**:

- провести огляд підходів до керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача та описати тенденції розвитку DSM в світі та Україні;
- проаналізувати методи та методики прогнозування, що застосовуються у економіко-математичних моделях прогнозування попиту на електричну енергію;
- створити прогнозні моделі для визначення змін встановлених потужностей об'єктів відновлюваних джерел енергії у домогосподарствах і розробити математично-статистичні інструменти для вироблення ефективних управлінських рішень з керування попитом;
- визначити механізми керування попитом за наявності активного споживача;
- розробити стартап зі створення програмного забезпечення для керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача.

**Об'єкт дослідження:** попит на електричну енергію

**Предметом дослідження** є - керування попитом на електричну енергію домогосподарств як активних споживачів.

Для досягнення поставленої мети та наукових завдань були використанні такі **методи** прогнозування: регресійний аналіз, апроксимація даних, екстраполяція функцій, SWOT-аналіз..

**Наукова новизна** полягає в обґрунтуванні доцільності застосування економіко-математичних моделей у керуванні попитом на електричну енергію при наявності активного споживача.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у тому, розробці математично-статистичних інструментів щодо визначення змін встановлених потужностей об'єктів відновлюваних джерел енергії у домогосподарствах для прийняття ефективних управлінських рішень з керування попитом.

**Апробація результатів:** за результатами дослідження представлена доповідь на II Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019, м. Київ.

**Публікації.** Браташ А.А. Стан і перспективи впровадження системи Demand Side management в Україні // Матеріали II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2019, м. Київ – С. 93-100.

**Інформаційні технології.** Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось програмне забезпечення MS Excel: програмний пакет «Аналіз даних».

**Ключові слова:** ПОПИТ, КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, АКТИВНИЙ СПОЖИВАЧ, ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ.

## ABSTRACT

Structure and scope of dissertation. The dissertation consists of an introduction, five sections of the main part, conclusions, a list of used literature sources. The total volume of the dissertation is 105 pages, including 86 pages of the main text, 8 illustrations, 26 tables, a list of used sources, containing 68 bibliographic names.

Topicality of the topic Modern energy policy of the developed countries of the world is based on an understanding of the exhaustiveness of traditional fuel and energy resources, the need for environmental protection and the prevention of global climate change. This is why so much attention is being paid in the world to energy conservation, energy efficiency and the spread of renewable energy (RES). Ukraine is also on the sidelines - the development of renewable energy is a priority today, and only the state, through prudent legislative, flexible pricing, tariff and tax policies, can ensure their resolution.

The rapid increase in fuel prices and the physical wear and tear of the majority of power units amid a lack of funds for the reconstruction of existing and construction of new maneuverable generating capacities of the Ukrainian UES determines the urgency of finding new effective solutions aimed at balancing the national grid. The practice of many foreign countries shows that one of the ways to resolve this issue can be the implementation of a set of measures aimed at demand management.

Demand forecasting is very important for the development of the electrical system.

The underestimation of demand creates the risk of an underdeveloped power generation park, thus creating the risk of peak load non-coverage

Revaluation of demand can lead to significant overcapacity and low utilization of generation loads.

The efficiency of Ukraine's electricity sector and the ability to manage its demand for electricity depend substantially on the activity of the retail electricity markets, where demand for it is generated and money for electricity consumed is

generated.

Electricity companies, when forecasting their activities and developing programs for their future development, should study the demand for electricity in general and in separate segments of the electricity market, target specific groups of consumers.

The purpose of the study is to simulate the management of electricity demand in the presence of an active consumer to create tools for making effective decisions on the management of demand for utilities in Ukraine.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- review the approaches to managing electricity demand in the presence of an active consumer and describe the trends of DSM development in the world and Ukraine;
- to analyze the forecasting methods and techniques used in economic and mathematical models of forecasting electricity demand;
- to create forecast models for determining changes in installed capacity of renewable energy facilities in households and to develop mathematical and statistical tools to develop effective management decisions for demand management;
- determine the mechanisms for managing demand in the presence of an active consumer;
- Develop a startup to create software to manage electricity demand in the presence of an active consumer.

Object of study: demand for electricity

The subject of the study is - managing the demand for electricity from households as active consumers.

To achieve this, the following prediction methods were used: regression analysis, data approximation, extrapolation of functions, SWOT analysis.

The scientific novelty is to justify the feasibility of using economic and mathematical models in managing the demand for electricity in the presence of an active consumer.

The practical implications of the results are the development of mathematical



and statistical tools to determine changes in installed capacity of renewable energy facilities in households to make effective demand management decisions.

Validation of the results: the results of the study presented a report at the II Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates, November 21-22, 2019, Kyiv.

Publications. Bratash AA Status and Prospects of Implementation of Demand Side Management System in Ukraine // Proceedings of the IIE Scientific and Technical Conference of MAE students, November 21-22, 2019, Kyiv - P. 93-100.

Information Technology. MS Excel software was used to perform the calculations in Section 3 of the Master's Thesis: Data Analysis software package.

Keywords: DEMAND, DEMAND MANAGEMENT, ELECTRICITY, ACTIVE CONSUMER, DEMAND FORECAST.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>12</b>
<b>1 ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ .....</b>	<b>14</b>
1.1 Аналіз сучасного стану електроенергетики України .....	14
1.2 Огляд нормативно-правової бази України з реалізації програм управління попитом .....	15
1.3 Огляд рішень з збалансування попиту та пропозиції на ринку електроенергії .....	17
1.3.1 Способи вирівнювання попиту .....	19
1.4.Огляд структури DSM.....	22
1.5 Програми управління попитом.....	25
1.5.1 Основні принципи тарифоутворення та управління попитом .....	27
1.5.2 «Зелений» тариф.....	32
1.5.3 Світовий досвід застосування керування попитом на електричну енергію.....	32
Висновок до 1 розділу .....	36
<b>2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ .....</b>	<b>38</b>
2.1 Економіко-математичних моделі прогнозування попиту на електричну енергію.....	38
2.2 Методи прогнозування попиту на електричну енергію .....	41
2.2.1 Апроксимація даних та екстраполяція функцій .....	41
2.2.2 Регресійний аналіз .....	42
2.2.3 SWOT-аналіз .....	47
2.2.4 Програмне забезпечення та методика розрахунку в MS Excel .....	50
Висновок до розділу 2 .....	53
<b>3 МОДЕЛЮВАННЯ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА.....</b>	<b>55</b>

	11
<b>3.1 Прогнозування електроспоживання в Україні.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2 Прогнозування керування попитом за допомогою MS Excel.....</b>	<b>55</b>
<b>3.3 Побудова моделі множинної регресії засобами MS Excel.....</b>	<b>60</b>
<b>3.3.1 Аналіз результатів та визначення параметрів множинної лінійної регресії.....</b>	<b>61</b>
<b>Висновок до 3 розділу .....</b>	<b>62</b>
<b>4 МЕХАНІЗМИ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ ЗА НАЯВНОСТІ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1 Аналіз моделей інтеграції активних споживачів в ринок електричної енергії України .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.1 Активний споживач .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.2 Особливості формування ринку електричної енергії України .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2 Механізми керування попитом за наявності активного споживача..</b>	<b>75</b>
<b>Висновок до 4 розділу .....</b>	<b>82</b>
<b>5 СТАРТАП ЗІ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ .....</b>	<b>85</b>
<b>5.1 Опис ідеї .....</b>	<b>85</b>
<b>5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....</b>	<b>86</b>
<b>5.3 Аналіз можливостей розвитку стартап-проекту в умовах ринку .....</b>	<b>87</b>
<b>5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....</b>	<b>90</b>
<b>5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....</b>	<b>91</b>
<b>Висновок до розділу 5 .....</b>	<b>92</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>93</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>98</b>

## ВСТУП

Сучасна енергетична політика розвинутих країн світу базується на розумінні вичерпності традиційних паливно-енергетичних ресурсів, необхідності збереження довкілля та запобігання глобальних змін клімату. Саме тому у світі така велика увага приділяється питанням енергозбереження, енергоефективності та поширенню використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Україна теж не стоїть осторонь – питання розвитку відновлюваної енергетики на сьогодні є пріоритетними, і лише держава шляхом виваженої законодавчої, гнучкої цінової, тарифної та податкової політики може забезпечити їх вирішення.

Стрімке підвищення цін на паливо та фізичний знос переважної частини енергоблоків на тлі нестачі коштів на реконструкцію існуючих та будівництво нових маневрених генеруючих потужностей ОЕС України визначає актуальність пошуку нових ефективних рішень, спрямованих на збалансування національної енергосистеми. Практика багатьох зарубіжних країн показує, що одним зі шляхів вирішення цього питання може бути реалізація комплексу заходів, спрямованих на управління попитом.

Враховуючи актуальність питання, **темою** дослідження магістерської дисертації було обрано керування попитом на енергетичні ресурси об'єктів житлово-комунального господарства.

**Мета дослідження** - моделювання керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача для створення інструментів з прийняття ефективних рішень з керування попитом об'єктів ЖКГ в Україні..

**Об'єкт дослідження** - попит на електричну енергію.

**Предмет дослідження** - керування попитом на електричну енергію домогосподарств як активних споживачів (ів).

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні **завдання**:

- 1) провести огляд підходів до керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача та описати тенденції розвитку DSM в світі та Україні;

- 2) Проаналізувати методи та методики прогнозування, що застосовуються у економіко-математичних моделях прогнозування попиту на електричну енергію;
- 3) створити прогнозні моделі для визначення змін встановлених потужностей об'єктів відновлюваних джерел енергії у домогосподарствах і розробити математично-статистичні інструменти для вироблення ефективних управлінських рішень з керування попитом; визначити методи прогнозування попиту електричної енергії
- 4) визначити механізми керування попитом за наявності активного споживача;
- 5) розробити стартап зі створення програмного забезпечення для керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача

Для досягнення поставленої мети та наукових завдань були використанні такі **методи** прогнозування: регресійний аналіз, апроксимація даних, екстраполяція функцій, SWOT-аналіз.

# 1 ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

## 1.1 Аналіз сучасного стану електроенергетики України

В 2018 р. сукупне споживання електроенергії в Україні сягнуло піку 20 грудня о 5-й вечора і склало 23.7 ГВт (2017 р. - 23.2 ГВт). У той самий час теплові електростанції наблизились до максимального річного погодинного максимуму видачі у 10ГВт, маючи загальну встановлену потужність 25 ГВт – коефіцієнт використання потужностей за пікових навантажень досяг тільки 42%. Середній коефіцієнт використання потужностей для теплових станцій був навіть ще нижчим – 25%, що неефективно та надто дорого. Більш того, в майбутньому може бути потрібно менше маневрових потужностей: такі заходи як управління попитом або збільшення імпорту можуть зменшити пікові навантаження ще більше.[2]

На цьому тлі розвиток попиту визначатиме, скільки саме потужності ТЕС насправді буде потрібно Україні в перспективі наступних 15 років.

Чому прогнозування попиту на електроенергію важливе:

- прогнозування попиту дуже важливе для розвитку електросистеми
- **недооцінка** попиту створює ризик недорозвиненого парку генеруючих потужностей, створюючи таким чином ризик непокриття пікових навантажень
- **переоцінка** попиту може призвести до значних надлишкових потужностей та низького використання навантажень генерації.

Ефективність функціонування електроенергетики України та можливості управління попитом на електроенергію істотно залежать від діяльності роздрібних ринків електроенергії, де формується попит на неї і відбувається надходження грошей за спожиту електроенергію. Адаптація підприємства електроенергетики до умов мінливого макросередовища та успішне реформування енергетичного сектору України вимагають глибокого вивчення ринку, заснованого на маркетинговій діяльності. Підприємства електроенергетики, прогнозуючи свою діяльність та розробляючи програми

свого перспективного розвитку, повинні вивчати попит на електроенергію загалом і по окремих сегментах ринку електроенергії, адресно орієнтуватися на конкретні групи споживачів.

На ринку електроенергії короткостроковий дисбаланс між попитом і пропозицією може призвести до втрати стійкості ринку. При цьому можливі дві ситуації: коли переважає пропозиція і коли переважає попит. У першому випадку відбувається відключення частини енергоблоків. Це призводить до зростання витрат і знижує ефективність діяльності суб'єктів енергоринку. В іншому випадку можливі примусові відключення частини споживачів в умовах дефіциту електроенергії (так звані віялові відключення). Тобто аварійні відключення призводять до зниження споживання, але не попиту. Тому попит на ринку електроенергії не завжди дорівнює споживанню, хоча споживання завжди відповідає генерації.

В Україні для промисловості електроенергія втричі дорожча, хоча енергопостачання населення вимагає значно більших витрат. Українські домогосподарства сплачують лише 28% реальної вартості електроенергії.[2]

## **1.2 Огляд нормативно-правової бази України з реалізації програм управління попитом**

В умовах реформування ринкових відносин в енергетичній галузі України важливим є забезпечення комплексного підходу до вирішення проблеми управління попитом на електричну енергію на усіх етапах енергетичного виробництва, передачі, розподілу та споживання електричної енергії як основної складової у забезпеченні ефективного та надійного функціонування енергетики. Для успішної реалізації програм з управління попитом на електроенергію необхідне впровадження економічних стимулів, які зацікавлять споживачів, опрацювання методологічних, технічних та нормативно-правових аспектів, що дають можливість брати участь у регулюванні та регламентують засади і правила роботи.

Проведення сегментації споживачів електричної енергії, заснованих на

аналізі режимних характеристик споживання електричної енергії та потужності, використання систем тарифів на електричну енергію для управління попитом, а також реакції споживача на зміну вартості електричної енергії.

Україна з 01.02.2011 р. набула статусу Договірної Сторони в Енергетичному Співтоваристві (Європейського Союзу). Законом України від 15.12.2010 р. №2787- VI «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства» закріплено зобов'язання України щодо імплементації основних актів енергетичного законодавства Європейського Союзу. Головною вимогою ЕС є обов'язкова дерегуляція та лібералізація енергетики з подальшим об'єднанням локальних енергоринків у єдиний енергоринок – ENTSO-E.[7]

Основними завданнями лібералізації ринку електроенергії є відокремлення передавання та розподілу електроенергії від інших видів діяльності суб'єктів електроенергетики; синхронізація Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України з об'єднанням енергетичних систем країн ЄС – ENTSO-E; перехід від моделі «єдиного покупця» до моделі «прямих договорів» між постачальниками і споживачами електроенергії та балансуючого ринку; незалежність національного регулятора енергоринка; формування цін і тарифів для всіх споживачів, включаючи населення, на економічно обґрунтованому рівні; реформа системи «зелених» тарифів та їх балансування тощо.

На виконання розпоряджень Кабінету Міністрів України від 04.03.2015 р. №213-р «Про затвердження плану заходів з виконання Програми діяльності Кабінету Міністрів України та Стратегії сталого розвитку «Україна-2020» у 2015 році» та від 08.04.2015 р. №346-р «Про схвалення розроблених Міністерством енергетики та вугільної промисловості планів імплементації деяких актів законодавства ЄС в енергетичній сфері» Міненерговугілля України у тісній співпраці з представниками Секретаріату ЄС розроблено проект Закону України «Про ринок електричної енергії України», який спрямовано на імплементацію актів законодавства ЄС у сфері енергетики – Третього енергетичного пакету ЄС, а саме: Директиви 2009/72/ЄС про спільні



правила внутрішнього ринку електричної енергії (замість Директиви 2003/54/ЄС); Регламенту ЄС 714/2009 про умови доступу до мереж транспортування електричної енергії.[8]

### **1.3 Огляд рішень з збалансування попиту та пропозиції на ринку електроенергії**

Є багато технічних рішень збалансування попиту та пропозиції на ринку електроенергії, однак економічні механізми впровадження методів управління попитом недостатньо розроблені. Отже, для успішної реалізації програм з управління попитом на електроенергію необхідне створення економічних стимулів, зацікавлення споживачів, опрацювання методологічних, технічних та нормативно-правових аспектів, що дають можливість споживачам брати участь в регулюванні та регламентують принципи і правила енергоспоживання.

Необхідність та доцільність управління електровикористанням була обґрунтована ще у 30-х роках у роботах Кукіль-Краєвського. Згодом вирішенням цих проблем займалися вітчизняні вчені. Зокрема, питанню вирівнювання графіків навантаження ОЕНС України присвячено ряд робіт, але в них розглядається лише технічний аспект раціоналізації електровикористання та ціноутворення без урахування прибутковості діяльності енергетичних підприємств на різних сегментах роздрібного ринку електроенергії, необхідності налагодження системи маркетингових комунікацій. Під управлінням попитом будемо розуміти цілеспрямований і планомірний вплив енергокомпаній на обсяги, структуру та режими енергоспоживання в регіоні, що обслуговується.

Важливо, що при цьому підвищується ефективність використання енергії і розвиток енергогенеруючих (мережевих) потужностей компанії, розглядаються як взаємодоповнювані способи енергопостачання споживачів. Зекономлена електроенергія виступає в якості додаткового ресурсу, що заміщує виробіток (передачу) на нових установках. В результаті активного впливу на формування попиту на електроенергію і потужність енергокомпанія отримує

можливість забезпечити додаткові енергетичні потреби в будь-якому секторі економіки свого регіону з мінімальними витратами. У такій ситуації управління попитом здійснюється в рамках методу інтегрованого планування енергетичних ресурсів, в основу якого покладено принцип узгодження інтересів енергокомпанії, споживачів та регіону (довгострокових суспільних інтересів).

Так як виробництво і споживання електроенергії по часу співпадають, то можна виділити найбільш значимі фактори, що визначають динаміку і величину попиту:

- денні коливання попиту, що залежать від часу доби (день / ніч);
- сезонні коливання попиту, пов'язані з порою року (зима / літо), – споживання з метою опалення та кондиціювання;
- рівень завантаженості виробничих потужностей чи інтенсивності, перш за все, промислового виробництва.

Управління попитом повинно охоплювати наступні взаємопов'язані процеси:

- широке впровадження ефективних електротехнологій;
- енергозбереження;
- вирівнювання попиту.

Перші два напрямки спрямовані на зниження попиту і представляють демаркетинг, третій – синхромаркетинг – передбачає врівноваження попиту і пропозиції. [9]

Перший напрямок пов'язаний з тим, що застосування електротехнологій на виробництві дозволяє економити виробничі ресурси, підвищувати якість робіт та послуг, отримувати екологічний ефект.

Енергозбереження, що пов'язане з заміною техніки на більш енергоефективне, потребує здійснення капіталомістких проектів, тому енергопостачальні підприємства повинні виявляти та аналізувати технічні, економічні й фінансові особливості енергозбереження з урахуванням умов регіону як у споживачів, так і в своїй власній діяльності.

У порівнянні з цим вирівнювання попиту на електроенергію потребує

менш значних капіталовкладень з боку енергопостачальних підприємств. Нерівномірність графіків навантаження енергопостачальних компаній протягом доби, тижня, року значно ускладнює роботу ОЕНС України та генеруючих компаній. Особливий інтерес становить добовий графік активного електричного навантаження, що характеризується такими показниками, як максимальне та мінімальне навантаження.[9]

### **1.3.1 Способи вирівнювання попиту**

Для вирівнювання графіка навантаження маркетингова діяльність енергетичних підприємств полягає у знаходженні певних споживачів електричної енергії, використання яких для регулювання графіка електричних навантажень було б пов'язане із виключенням негативних соціальних наслідків і наявністю позитивного регулювального ефекту в енергопостачанні і не знижувало б ефективність роботи цих споживачів. Увесь склад споживачів-регуляторів можна поділити на дві групи. До першої належать ті, для яких регулювальні заходи мають на меті зниження максимальних електричних навантажень. Це промислові, найчастіше потужні електроустановки (цементні млини, електрозварювальне і електротермічне обладнання тощо). У другу групу входять споживачі-регулятори, які спеціально створюються для використання їх у нічні години, зокрема теплові установки із системою акумулювання низькотемпературного тепла, що можуть використовуватися для опалення й нагрівання технічної та побутової води.[9]

Для споживачів-регуляторів першої групи регулювальні заходи можуть бути здійснені без додаткових капіталовкладень або із додатковими капіталовкладеннями.

Перший спосіб передбачає проведення організаційно-технічної підготовки, пов'язаної, наприклад, зі зміною графіка роботи тих електроприймачів, які без збитків можна перевести на роботу переважно у години, що не збігаються із максимумом навантаження ОЕНС України. До цієї групи заходів належать такі способи організації електроспоживання:

- збільшення продуктивності агрегатів і доробків виробництва (у фазах

виробництва з великою продуктивністю задається перервний режим роботи частини агрегатів, при якому утворюються доробки виробництва);

- відімкнення допоміжного обладнання чи проведення профілактики технічного обладнання у години максимального навантаження ОЕНС України, зокрема: перенесення часу зарядження акумуляторних батарей, вимкнення транспортних механізмів, які істотно не впливають на технологічний процес, централізація ремонтних служб для здійснення ремонтних робіт у період максимального споживання із зупинкою на ремонт у цей період найбільшої кількості обладнання, яке необхідне для до цього технологічного циклу тощо;

- зміна режиму роботи електромістки агрегатів протягом доби з урахуванням можливостей регулювання електроспоживання.

До загальноорганізаційних заходів, які проводяться без додаткових капіталовкладень, належать також: розподіл вихідних днів підприємств, зсув початку роботи, обідніх і міжзмінних перерв. Але ці заходи безпосередньо стосуються соціально-побутових умов життя і тому повинні здійснюватися дуже обережно.

Використовуючи їх, необхідно враховувати іноземний досвід. Наприклад, у Німеччині широко розповсюджене перенесення часу початку і закінчення робочого дня. Зокрема, на підприємстві "Volkswagen" автомобілі з конвеєрів починають сходити о 5 год. 30 хв. ранку.[10]

Серед заходів, які вимагають додаткових капіталовкладень, можна виділити створення споживачів-регуляторів дискретної дії для використання їх у режими позапікового споживання електроенергії. Для забезпечення нормального перебігу технологічного процесу розбитого на окремі ланки, необхідне установлення спеціальної буферної місткості для акумуляції і збереження протягом короткого періоду часу газоподібних, рідких і твердих речовин. Крім того, на ряді виробництв можна передбачити встановлення додаткового обладнання, яке випускатиме продукцію у позапікові години.

У ролі споживачів-регуляторів другого типу можна вже сьогодні використовувати електротеплоакуюче устаткування для нагрівання води у

всіх типах домашніх господарств, опалення одноквартирних будинків, виробітку тепла на технологічні потреби сільськогосподарського виробництва.

Окрім заходів спрямованих на вирівнювання попиту протягом доби, у межах маркетингової діяльності енергетичних підприємств необхідно розробляти заходи, спрямовані на вирівнювання сезонних та річних графіків електричного навантаження. Тут як споживач-регулятори можна використовувати сільськогосподарські підприємства, наприклад, іригаційні насосні установки. Основні напрями стабілізації енергозабезпечення регіону у рамках маркетингової діяльності енергетичних підприємств показано на рис.1.1[9].

Поряд із заходами щодо синхромаркетингу енергетичні підприємства повинні розробляти і заходи із демаркетингу, які зарубіжні енергокомпанії здійснюють у формі таких програм :

- інформаційні програми, які використовують засоби масової інформації і поштові відправлення для пропаганди заходів із зниження потужності й енергії, які споживаються;

- технічна допомога енергопідприємств у проектуванні енергоекономічного житла і електроприймачів;

- фінансові субсидії, які надаються енергопідприємствами у формі дотацій, низькопроцентних позик і пільг при оплаті електроенергії для споживачів, які використовують енергозберігаючі прилади і технології, чи дотації до ціни на енергозберігаючі прилади та обладнання;

- пряма участь енергопідприємств у виробництві енергоекономічних приладів;

- використання спеціальних тарифів, які стимулюють енергозбереження;

- здавання в оренду (чи навіть дарування) енергозберігаючих приладів чи обладнання, кооперація з торговельними фірмами для стимулювання поширення енергозберігаючої техніки чи технології.



Рисинок 1.1 - Основні напрями стабілізації енергозабезпечення у рамках маркетингової діяльності енергетичних підприємств

#### 1.4.Огляд структури DSM

У 1978 році у США. У відповідь на зростання цін на первинні енергоресурси та їх дефіцит було розроблено ряд заходів, що отримали назву DSM (Demand Side Management або управління споживанням). На сьогодні ця програма включає 21 країну Європи, Азії, Америки та Австралії.

DSM включало ряд заходів, орієнтованих як на загальне зниження рівня споживання, так і на вирівнювання графіка навантаження шляхом зменшення піків, зміщення споживання у часи меншого навантаження енергосистеми, стимулювання попиту в провалах графіка навантаження енергосистеми. Загалом DSM розділяється на два класи підзавдань: методи енергоефективності (Energy efficiency) та управління попитом (Demand response (DR) або Load management (LM) (рис 1.2) [16].

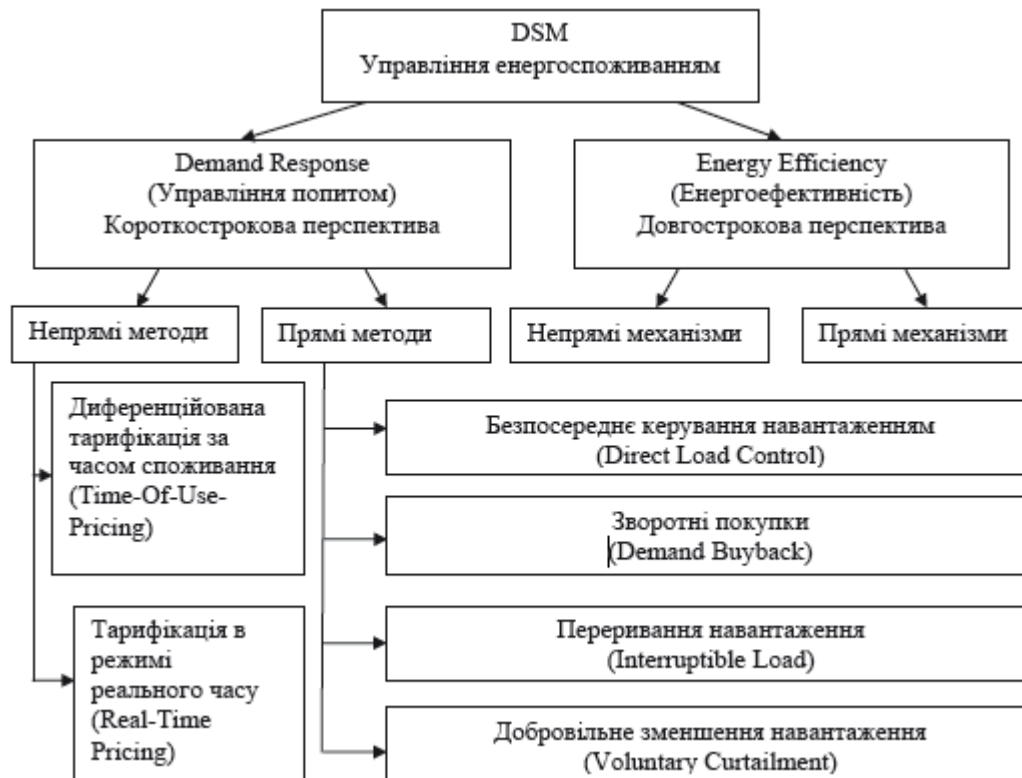


Рисунок. 1.2 - Методи управління попитом на ринку електроенергії

DSM розділяється на два класи підзадач: енергоефективності (Energy efficiency) і управління попитом (Demand response (DR)).

Управління попитом (DR) можна визначити як комплекс заходів, націлених на зміну характеру електроспоживання кінцевими споживачами або у відповідь на зміну вартості електроенергії протягом часу, або завдяки заохочувальних виплат, розробленим для спонукання до зниження споживання під час піків навантаження або в разі виникнення загрози функціонування енергосистеми.

Управління попитом включає два класи задач. Перший клас складають програми, що використовують принцип ціноутворення для впливу на криву споживання (непрямі методи). Другий клас складається з програм, заснованих на добровільній участі споживачів в контурі управління (прямі методи управління).

Програми управління, що використовують принцип ціноутворення, є різноманітні модифікації динамічних тарифів (Dynamic Pricing), коли споживачам пропонуються роздрібні ціни на спожиту енергію, які варіюються в

залежності від періоду використання і відображають той факт, що вартість електроенергії і ціни її оптових закупівель різні в часі. До динамічних тарифів відносять диференційовану тарифікацію по часу використання, пікову і тарифікацію реального часу.

До програм щодо добровільної участі можна віднести наступні.

- Безпосереднє управління навантаженням (Direct Load Control) - програма заходів, що дозволяють переривати навантаження споживачів на короткі проміжки часу в момент проходження піків енергосистеми за допомогою прямого впливу оператора системи. Це може здійснюватися шляхом НЕ-посереднього переривання енергопостачання окремих пристроїв або обладнання, споживчих приміщень. Цей вид контролю придатний, як правило, для побутові споживачі в системах обігріву / кондиціонування.

- Зворотня купівля (Demand Buyback) - надає можливість споживачам відмовлятися від споживання електроенергії в обмін на повернення грошей за заздалегідь визначеною ціною. Споживач має можливість вибору часу і ступеня участі у відповідь на запит енергокомпанії.

- Пропозиція ціни (Demand Bidding) - Дозволяє споживачам брати участь в торгівлю електроенергією, яку вони можуть не використовувати, пропонуючи ціну за можливість зміни свого графіка споживання.

- Диспетчеризація аварійної генерації (Dispatchable Standby Generation) - дає можливість диспетчеризації користувальницьких резервних генераторів, підтримуючи їх в синхронній роботі з електророзподільної мережею за допомогою спостереження і керування оператором системи.

- Переривання навантаження (Interruptible Load) - програма, що дозволяє відповідно до контрактних угод перервати навантаження споживачів в періоди сезонного піку піт-реблення шляхом безпосереднього управління або на вимогу оператора системи. Цей вид контролю, як правило, застосуємо до комерційних і промислових споживачів і дозволяє відключати або зрушувати споживання на кілька годин.

- Захист споживачів від відключень (Black Out Protection) - програма



зниження навантаження, яка звільняє замовників від ротації відключень в обмін на часткове сік-рощення навантаження всьому ланцюгу протягом всіх періодів відключень.

- Зниження споживання за подією (EventDriven Demand Reduction) - заходи зі скорочення попиту потужності в пікові періоди навантаження або зміщення її у внепіковий період зумовлених зниження потужності (Predetermined Demand Reduction). Добровільні програми фінансового стимулювання, коли споживачам пропонується скоротити попит заздалегідь в періоди пікового попиту.

- Добровільне зниження навантаження (Voluntary Curtailment). Програми для клієнтів, які добровільно згодні скоротити своє споживання, або "знизити потужність".

- Програми аварійного зниження потужності (Emergency Demand Response Programs) - задіюються в моменти зниження оперативних резервів енергосистеми до рівня, при якому зниження навантаження споживачів необхідно для підтримки короткострокової надійності системи[16].

### **1.5 Програми управління попитом**

Управління попитом – ініціативна форма економічної взаємодії енергопостачальних організацій зі споживачами, що забезпечує взаємовигідне регулювання обсягів і режимів електроспоживання [13].

Сутність керування попитом полягає в цілеспрямованому і планомірному впливі енергокомпанії на обсяги, режими і структуру енергоспоживання в обслуговуваному регіоні. Розвиток генеруючих (мережевих) потужностей компанії і підвищення ефективності використання енергії споживачами розглядаються як взаємодоповнюючі аспекти енергозабезпечення. Зекономлена енергія виступає в якості ресурсу, що заміняє вироблення (передачу) потрібної кількості енергії. В результаті активного формування попиту на енергію і потужність енергокомпанія отримує можливість забезпечити додаткові енергетичні потреби свого регіону з мінімальними витратами [14].

За кордоном передумовою для створення програм керування попитом (ПУП) стала світова енергетична криза 1973 року, яка спричинила за собою зростання цін і дефіцит первинних ресурсів, а отже, і підвищення цін на електроенергію [15]. У 1978 році в США був прийнятий закон про національну політику енергозбереження, за допомогою якого розроблений комплекс заходів з управління попитом (Demand-Side Management /DSM/). До середини 1980-х років програми управління попитом використовувалися практично у всіх штатах, що дозволило знизити потребу в будівництві нових ліній електропередачі.

ПУП припускають залучення інвестицій, щоб підвищити енергоефективність, і політику з метою змусити споживача знизити власні потреби в електроенергії, засновані на фінансові стимули (знижки на енергоефективне обладнання або застосування диференційованих тарифів на електроенергію). Відповідні витрати на адміністрування організацію і організацію програм з керування попитом несуть безпосередньо енергокомпанії або незалежні організації (наприклад, спеціальні фонди енергозбереження, що діють у багатьох країнах світу, або комітети, які здійснюють моніторинг виконання ПУП), які підлягають ліцензуванню і регульовані державою [15].

Існує декілька випробуваних світовою практикою економічних методів управління попитом на електроенергію. У США зіткнулися з необхідністю впровадження управління споживанням під час енергетичних криз 1973 та 1979 років. Тоді уряди багатьох країн взяли за створення програм скорочення енергоспоживання. Одним з перших прикладів стало прийняття Закону про національну політику енергозбереження (National Energy Conservation Policy Act) у 1978 році у США. У відповідь на зростання цін на первинні енергоресурси та їх дефіцит було розроблено ряд заходів, що отримали назву DSM (управління попитом з боку споживача). DSM розвивалося найбільш швидко в Каліфорнії та північно-західній частині США і вже до середини 1980-х поширилося на решту території як засіб зменшення потреби в будівництві нових станцій і мереж. Створене в 1974 році Міжнародне енергетичне

агентство (International Energy Agency) у 1993 році почало міжнародну програму з розвитку та просування DSM технологій. На сьогодні ця програма включає 21 країну Європи, Азії, Америки та Австралії [16].

Як вже визначалось раніше DSM включало ряд заходів, орієнтованих як на вирівнювання графіка навантаження шляхом зменшення, так і загальне зниження рівня споживання, зміщення споживання у часи меншого навантаження енергосистеми, стимулювання попиту в провалах графіка навантаження енергосистеми. Загалом DSM розділяється на два класи підзавдань: методи енергоефективності (Energy efficiency) та управління попитом (Demand response – DR) або Load management (LM) (перейти на рис 1.2.).

Однак на практиці найбільш поширеними стали лише два методи: динамічна тарифікація та добровільне обмеження попиту з боку споживачів.

### **1.5.1 Основні принципи тарифоутворення та управління попитом**

Диференційовані тарифи активно застосовують в європейських країнах в ПУП. У Бельгії, Данії та Франції введені нові системи тарифів стимулювали зниження навантаження в період зимового максимуму за рахунок дії пільгових тарифів в інші пори року, при цьому в періоди піків споживання енергія могла коштувати більш ніж в 20 разів дорожче базової. Ефект від реалізації ПУП виявився істотним: наприклад, у Франції з'явився третій добовий максимум навантаження близько години ночі [13].

Зазвичай промислово розвинуті країни використовують три основні концепції формування тарифних ставок.

1. Тариф розраховується виходячи з повного доходу, достатнього для покриття витрат протягом періоду експлуатації джерела енергії та утворення певного прибутку.

2. На основі розрахунку короткострокових граничних (маржинальних) витрат встановлюються тимчасові змінні тарифи (добові, сезонні), що відображають коливання в графіку навантаження та пов'язані з цим витрати енергокомпаній на маневрування потужністю. Це дозволяє балансувати попит і

пропозицію на ринку електроенергії.

3. Ціна на електроенергію встановлюється на основі довгострокових граничних витрат, що враховують витрати на спорудження та введення в експлуатацію нових електрогенеруючих потужностей. Зокрема, в Японії для промислових споживачів тарифи диференційовані за класами напруги та часу доби. У США встановлені єдині для всіх компаній види тарифів на електроенергію: добові тарифи; сезонні тарифи; тарифи за категоріями споживачів (промисловий, сільськогосподарський, побутової тощо); тарифи по надійності електропостачання споживачів, згодних на перерви в електропостачанні або значне зниження обсягу електроспоживання в години максимальних навантажень та соціально орієнтовані тарифи [18].

Диференціювання тарифів на електроенергію вирішує принципово важливі в ринкових умовах завдання:

- 1) встановлення зв'язку між її вартістю та фактичними витратами на виробництво й розподіл;
- 2) обмеження монополії виробників та підприємств, що надають послуги з передачі електроенергії;
- 3) підвищення надійності електропостачання; залучення споживачів для управління власним навантаженням і графіком навантаження енергосистеми;
- 4) стимулювання енергозбереження та енергоефективності. Для підвищення економічності роботи енергосистем велике значення має встановлення тарифів, диференційованих за сезонами року та зонами добового часу [19].

Стратегія тарифікації електричної енергії, як механізм вибору (встановлення) тарифу/тарифів для фінансових розрахунків між постачальниками і споживачами, є замикаючою (визначальною) щодо ефективності ринкових перетворень на кожному з чотирьох етапів (реструктуризація, демонополізація, лібералізація, реорганізація) реформування системи ринку електроенергії [20].

Вибір (встановлення) тарифу/тарифів здійснюється із множини існуючих,

які, як елементи, утворюють тарифну систему, яку можна побудувати (яку будують) із застосуванням системного підходу.

Системна тарифікація електроенергії розглядає тарифи на електричну енергію як інструменти інтегрованого ресурсного планування, оскільки враховує як виробничо-технічні, так і торгово-фінансові аспекти пов'язаних між собою й одночасних процесів електропостачання та споживання електроенергії [21]. Як наслідок, за системної тарифікації електричної енергії формуються три тарифні підсистеми за ознаками споживання (сторона попиту), постачання (сторона пропозиції) та часу споживання-постачання електроенергії, як показано на рисунку. Додавана ознака часу є необхідною, оскільки, перше, генерація, транспортування і споживання електричної енергії відбуваються у реальному масштабі часу та, друге, не існує на сьогоднішній день економічно виправданих способів накопичення електроенергії у великих обсягах.

Кожна із тарифних підсистем об'єднує свої елементи у групи тарифів із наперед заданими ознаками диференційованого тарифоутворення, за якими побудовані (будуються) тарифи [22].

Підсистема тарифів за ознаками споживання електроенергії базується на ціновій дискримінації другого і третього ступеня та визначає чотири групи тарифів: з нульовою диференціацією (пряма тарифікація); кількісною диференціацією (за обсягом споживання); диференціацією використання (за метою споживання); перехресною диференціацією (обсягом споживання та за метою одночасно).

Групу тарифів з нульовою диференціацією утворює простий (прямий по лічильнику електричної енергії) тариф. До групи тарифів за кількісною диференціацією входять ступінчастий та блочний тарифи. Посегментний простий (прямий по лічильнику електричної енергії) тариф утворює групу тарифів за диференціацією використання. Прикладами перехресної диференціації є ступінчато-посегментний та блочно-посегментний тарифи.



Рисунок 1.3 – Ознакова диференціація тарифної системи

Підсистема тарифів за ознаками постачання електроенергії враховує структуру витрат виробництва, стадії та продукти технологічного процесу електропостачання та визначає три групи тарифів за витратною, продуктовою і перехресною (витратно-продуктовою) диференціацією. Прикладами тарифів за витратною диференціацією є тарифи, побудовані на основі середніх або граничних витрат виробництва, які можуть бути як довгостроковими, так і короткостроковими. Тарифи за продуктовою диференціацією формуються із врахуванням вартості вироблюваної електроенергії та вартості всіх надаваних послуг з її постачання.

Підсистема тарифів за ознаками часу споживання-постачання електроенергії визначає п'ять груп тарифів за можливою частотою зміни тарифів протягом заданого часового інтервалу, що відповідає внутрішньочасовій, внутрішньодобовій, міждобовій, міжсезонній та перехресночасовій диференціації. Тарифи за ознаками часу споживання-постачання враховують варіювання споживання електроенергії у часі та відповідні цьому зміни витрат виробництва та постачання електричної енергії. Це можуть бути тарифи реального часу, багатозонні тарифи, календарні

тарифи, сезонні тарифи та їх перехресні комбінації.

Тарифи за ознаками споживання і постачання електроенергії є інтегрованими у часі, тарифи за ознаками часу споживання-постачання електроенергії – диференційованими за часом. Оскільки, будь-який часовий інтервал теоретично можна розглядати як нескінченно довгий, то постачання електричної енергії і споживання на будь-якому часовому інтервалі можна вважати інтегрованим. Сказане автоматично робить інтегровані у часі тарифи складовими тарифів, диференційованих за часом. Тобто перехресний механізм диференційованої тарифікації електроенергії є загальносистемним і вихідним щодо декомпозиції самої тарифної системи.

Структура тарифу реального часу складається з погодинної ціни за спожиту в цей годину електроенергію без фіксованої плати за заявлений максимум навантаження, плюс фіксована плата, заснована на минулому споживанні з урахуванням знижок при постачанні на середній та високій напрузі, поправок на втрати трансформації, знижок під час перерв в електропостачанні в минулому тощо, що гарантує споживачеві стабільність оплати за цим тарифом – не вище оплати за електроенергію при використанні нормальних тарифів. Для здійснення проектів з управління споживанням необхідна розробка регуляторних стимулів, що давали б поштовх до їх впровадження й розвитку [17].

Досить поширеною практикою (наприклад, у США) є включення витрат DSM-програм у тариф на електроенергію (до 16-17%) і не включення інвестиційної складової витрат енергокомпаній, поки нові станції не вводяться в експлуатацію (істотне збільшення ризику інвестицій в нові електростанції призводить до прискореного розвитку альтернативних програм управління споживанням) [18].

Для вирішення конфлікту, викликаного зниженням продажів через зменшення споживання електроенергії, здійснюється індексація втрат доходів. Зокрема, допускається одержання зі споживачів чистого доходу (який мали б компанії без зменшення продажів енергії).

Метод розділення доходів гарантує енергокомпаніям доходи незалежно від обсягу продажів. Енергокомпанії складають балансові рахунки відхилення доходів і цю різницю включають у розрахунок ціни на енергію для споживачів на наступний рік. Такий механізм розриває зв'язок між обсягами продажів і прибутком [18].

### **1.5.2 «Зелений» тариф**

Згідно закону про електроенергетику "зелений" тариф - спеціальний тариф, за яким за купується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, зокрема на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), з альтернативних джерел енергії (а з використанням гідроенергії - лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями);

"Зелений" тариф встановлюється Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, на електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), генеруючих установках приватних домогосподарств, споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів, з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями).

### **1.5.3 Світовий досвід застосування керування попитом на електричну енергію**

На сьогоднішній день більше 30 країн світу успішно застосували інструментарій ПУП з метою енергозбереження, зниження обсягів нового будівництва енергопотужностей, поліпшення економічних і екологічних параметрів роботи енергосистеми. Аналіз впровадження ПУП показує, що в різних країнах концепція управління попитом реалізується приблизно за одним сценарієм, пов'язана з однаковими труднощами.

Світовим лідером в цій області є США. Так, наприклад, з 1985 по 1995 рік понад 500 енергокомпаній в різних штатах реалізували ПУП і отримали



економію 29 ГВт пікового навантаження. Середні питомі витрати на досягнення такого результату склали всього 2-3 центи на кіловат-годину, що набагато нижче середньої ставки тарифу [13].

Велика кількість американських ПУП – це програми управління навантаженням (load management), засновані на застосуванні динамічних тарифів.

На малюнку показаний ефект, який отримала енергетична компанія Florida Power and Light після того, як її найбільші комерційні і промислові споживачі погодилися знизити споживання електроенергії в пікові години в обмін на зниження тарифних ставок (рис.1.4) [13].

В результаті 12 споживачів відчули істотне зниження енергоспоживання в літній період. Наприклад, о 15:00 споживання електроенергії було нижче на 36 МВт в порівнянні з відповідним параметром в цей час доби до впровадження заходів з управління попитом.

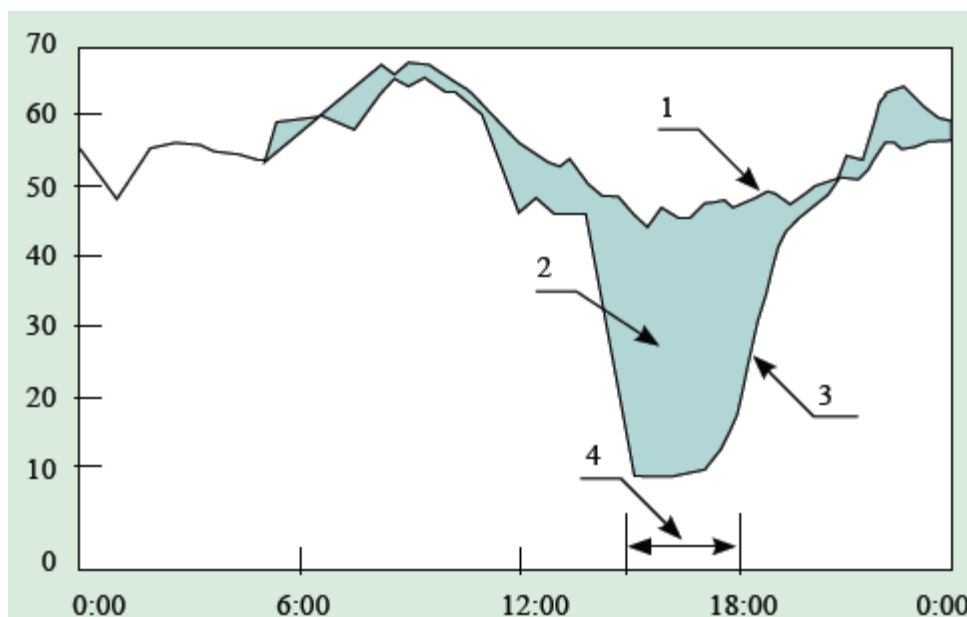


Рисунок 1.4 - Зниження навантаження енергетичної компанії Florida Power and Light за рахунок програми.

де, 1 – ретроспектива; 2 – економія; 3 – використання електроенергії після введення тарифів; 4 – період, що аналізується

Також існує оперативне керування електричним навантаженням, яке

здійснюється для примусового відключення чи включення забезпечення підприємств споживчою потужністю і енергією. Для того щоб використовувати спеціалізовані системи в оперативному керуванні енергоспоживанням використовують такі методи: плаваючого (ковзного) вікна, миттєвої норми, ідеальної норми, ідеальної норми з прогнозом навантаження та неперервного контролю. [27]

Серед азіатських країн Таїланд найбільш успішно займається управлінням попитом. За допомогою ПУП вдалося домогтися зниження пікового навантаження на 556 МВт. Завдяки даній програмі середньорічний обсяг енергозбереження склав 3140 КВт-год, викиди вуглекислого газу скоротилися на 2,32 млн т в рік.

Деякі ПУП досить специфічні. У ряді країн працюють так звані програми по формуванню цінностей – освітні заходи, спонсоровані державою спільно з енергетичними компаніями і спрямовані на інформування школярів і студентів про важливість енергозбереження шляхом проведення семінарів і поширення роздавальних матеріалів.

До традиційних ПУП відносяться впровадження енергоефективних пристроїв на виробництвах, в комерційному і в комерційному; заходи щодо маркування побутової техніки (особливо кондиціонерів і холодильників), розвиток енергосервісу тощо. Мета маркування - дати відомості споживачеві про клас енергетичної ефективності. Наприклад, на холодильниках клас енергоефективності вказується на задній стінці. У ряді країн техніка з високим класом енергоефективності представлена в більшій кількості роздрібних точок і коштує дешевше. Таким чином, споживачів стимулюють звертати увагу на енергоспоживання обладнання і вибирати вироби з найменшим енергоспоживанням.

Поряд з високим економічним потенціалом ПУП існує ряд факторів, що перешкоджають ефективній реалізації програм. Так, суспільне значення ПУП нерідко вступає в протиріччя з традиційними комерційними інтересами енергокомпаній - потенційних суб'єктів управління попитом, зацікавлених у

збільшенні обсягу продажів і маси прибутку від реалізації електроенергії, а не в енергозбереженні. Отже, в області ціноутворення робляться спроби розірвати зв'язок між обсягами продажів електрики і прибутком компанії. Цей зв'язок розглядається в якості головного бар'єру для енергокомпаній, які намагаються налагодити управління попитом [13]

Виникає необхідність використовувати адміністративно-правове примус і різні методи економічного стимулювання щодо таких постачальників. Наприклад, можна обмежувати доходи енергокомпаній, встановлюючи фіксовану величину доходу в розрахунку на одного споживача в обслуговуваному регіоні. Крім того, в ряді випадків законодавство встановлює певний відсоток річного доходу, який компанія зобов'язана інвестувати в проекти підвищення енергоефективності своїх споживачів.

До інших чинників можна віднести: брак фінансування ПУП, труднощі при розподілі обов'язків між суб'єктами управління попитом, неухважність до концепції управління попитом під час проведення реформ.

- брак фінансування ПУП. Ця проблема може бути вирішена шляхом встановлення спеціальної надбавки до діючого тарифу. Як правило, її розмір вкрай незначний, наприклад від 0,1 до 3,0 цента в США. Даний механізм адаптований в Великобританії, Іспанії, Норвегії, Данії та Таїланді. Можна встановити як фіксовану надбавку до тарифу, так і у вигляді відсотка від щомісячного платежу споживача за електроенергію. Наприклад, в Каліфорнії вона дорівнює 0,6%, дохід від місцевих проектів з управління попитом, реалізованих за допомогою надбавочний механізму, склав близько 750 млн дол.;

- труднощі при розподілі обов'язків між суб'єктами управління попитом. Для країн з реструктуризованою електроенергетикою (типу російської) управління попитом переміщається з інтегрованих компаній на рівень електромережових, що контактують безпосередньо зі споживачами. Можливо адміністрування ПУП незалежною організацією, відповідні державні органи вибирають її, видають їй ліцензію і регулюють її діяльність. Вважається, що

подібна організація знаходиться поза енергобізнесу, оскільки відсутня можливий конфлікт інтересів між зростанням продажів електроенергії (потужності) і зниженням попиту;

- неуважність до концепції управління попитом під час проведення реформ. Реалізація ПУП часто вимагає модернізації законодавства, сприяння розвитку нових ринків (наприклад, енергоефективних технологій), створення специфічних фінансових інструментів, тому концепція управління попитом повинна бути обов'язково врахована при плануванні реформ, інакше в подальшому змінити правила гри буде досить складно, як, наприклад, це було в Китаї [19].

### **Висновок до 1 розділу**

У даному розділі був проведений огляд підходів до керування попитом на електричну енергію за наявності активного поживача., Огляд рішень з збалансування попиту та пропозиції на ринку електроенергії., а також огляд нормативно-правової бази України з реалізації програм управління попитом

Проаналізовано сучасний стан електроенергетики України

Обгрунтована актуальність теми.

Описано тенденції розвитку DSM в світі та Україні.

Проаналізувавши програми управління попитом в рамках довгострокових і короткострокових перспектив найбільш іноваційним підходом на сьогодні визначається Demand Response.

Керування попитом на електричну енергію (Demand Response) -це зміни споживання електричної енергії кінцевими споживачами відносноїх нормального графіка навантаження у відповідь на зміну ціна на електричну енергію по час або відповідно до стимулюючих виплат,передбаченні щоб знизити споживання в періоди високіх цін на електроенергію на оптовому ринку або коли системна надійність під загрозою

Керування попитом може знижувати ціна на електроенергію на оптовому ринку , що , в свою чергу , призводить до зниження ці на роздрібному ринку

Керування попитом отримало широке визнання , як засіб забезпечення надійності на енергопостачання, інтеграції відновлюваних джерел енергії, збільшення конкуренції на ринку електричної енергії і розширення можливостей споживачі.

Для повномасштабного й ефективного використання економічних механізмів управління попитом потрібно створити систему з моніторингу, прогнозування, планування та управління використанням електроенергії як на регіональному, так і на національному рівні. Така система має бути створена з використанням новітніх технологій «інтелектуальних електромереж» та «інтелектуального обліку» в рамках відповідної національної технологічної платформи.

## 2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

### 2.1 Економіко-математичних моделі прогнозування попиту на електричну енергію

Електроенергія являє собою один з найбільш значущих продуктів проміжного споживання країни і становить вагому частку в витратах практично усіх галузей економіки. Планування та прогнозування економіки – це складний багатоступеневий та ітеративний процес, у ході реалізації якого повинно вирішуватися широке коло різних соціально-економічних та науково-технічних проблем.

Прогнозування попиту на електроенергію – важливе питання енергетичного планування та політики. Це складне питання не тільки для країн, що розвиваються, у яких відсутні необхідні дані, підходящі моделі та інституціональний апарат, а й для промислово розвинених країн, у яких такі ускладнення відсутні.

Довгострокові прогнози динаміки споживання електричної енергії в Україні набувають особливої актуальності, оскільки вони є важливим компонентом концепцій, стратегій та планів довгострокового розвитку електроенергетики, а також основою збалансованого зростання різних секторів економіки у майбутньому. Тому ключовим показником при прогнозуванні попиту на електроенергію виступає такий показник енергетичної ефективності, як електроємність валового внутрішнього продукту.

У теорії та практиці планової діяльності за минулі роки накопичено значу кількість різноманітних методів розробки прогнозів та планів. За оцінками вчених, налічується більше багато різних методів прогнозування, на практиці ж в ролі основних використовується лише 15–20. Розвиток засобів обчислювальної техніки надає можливість розширення обсягу методів прогнозування, що використовуються, та їх удосконалення [28].

Прогнозуванням попиту на електричну енергію і дослідженням

адекватності результатів такого прогнозування займалася низка вчених, у результатах дослідження яких була зацікавлена численна кількість науково-дослідних установ, відомств, міністерств і приватних компаній.

Серед основоположних праць є праця Егеліоглу [28], який із використанням рівнянь множинної регресії побудував математичну модель, що враховувала вплив кількох економічних чинників на зміну обсягів споживання електроенергії у Північному Кіпрі. У результаті його дослідження встановлено, що чисельність споживачів, ціна на електроенергію і чисельність туристів корелюють зі зміною попиту на електроенергію.

У роботі Харріса та Лью [29] кількісними методами описано можливість оцінювання впливу ціни за одиницю електроенергії як одного з вирішальних факторів енергозбереження з боку споживачів.

У роботі Яна [30] було доведено щільність зв'язку між обсягами споживання електроенергії та змінами клімату у Гонконзі.

Райан і Джайн [31] доповнили модель Яна залежністю попиту на електроенергію від зміни чисельності населення.

Фанг і Туммала [32] дійшли висновку про те, що доцільним є використання ціни на електроенергію, валового внутрішнього продукту (ВВП), торговельного балансу та чисельності населення для прогнозування попиту на електроенергію в Гонконзі.

Лью та співавтори [33] використовували показники ВВП, вартості електроенергії та чисельності населення з метою прогнозування попиту на електроенергію в Сінгапурі.

Лахані та Бамб [34] використовували показники ціни на електроенергію, середній рівень доходів на душу населення з використанням рівняння еластичності попиту на електроенергію у Меріленді.

У працях Маркідакіса [35] наведена ще більш складна економіко-математична модель, до якої залучені набори даних різноманітного характеру.

Цілком очевидним є те, що більшим є набір статистичних даних, то більш адекватних результатів моделювання можна досягти, однак для цього потрібна

як їх наявність, так і наявність необхідних часу і людських ресурсів для їх обробки. Окрім того, постає певна невизначеність: до якої кількості всіх можливих пояснюваних змінних слід обмежити економіко-математичну модель, адже із їх зростанням вплив кожної із них монотонно прямує до нуля [36].

В роботі [37] у якості економіко-математичного підходу до аналізу розвитку відновлюваної енергетики України, та зокрема зростанню кількості івсю застосовувались аналітичні показники динаміки часових рядів.

Наукове обґрунтування розвитку енергетики на сучасному етапі становлення економіки неможливе без застосування відповідних інструментів аналізу – математичних моделей, метою яких є визначення, зокрема, прогнозного попиту на енергоресурси на основі можливих сценаріїв економічного розвитку країни з урахуванням прогнозних обсягів енергозбереження. Електроенергетика як забезпечувальна галузь економіки працює за принципом невідкладного забезпечення попиту у режимі реального часу, що відповідно потребує адекватного прогнозування попиту на електричну енергію та розробки відповідних економіко-математичних моделей.

Такі моделі насамперед мають враховувати вплив і розвиток чинників у перспективі, що мають вплив на попит на електричну енергію, а вже далі — способи та можливості покриття спрогнозованого обсягу попиту, оптимізації (ресурсів і генерації) тощо. Від точності результатів моделювання значною мірою залежать не тільки становище галузі та підприємств, що входять до неї, а й, власне, національної економіки, її енергетичної та економічної безпеки. З цієї причини вимоги точності результатів моделювання є достатньо жорсткими.

Однак, через можливість настання різноманітних стохастичних подій, задовольнити такі вимоги стає щораз складніше. До таких подій в Україні, що відбувалися у недалекому минулому та призвели до зміни кон'юнктури ринку електричної енергії, насамперед слід віднести такі: розгортання бойових дій на території країни, девальвація національної валюти, технологічні прориви, зміна споживчої поведінки, зміна політичного курсу, приєднання до глобальних



інтеграційних процесів, лібералізація ринків тощо.

З цієї причини економіко-математична модель прогнозування попиту на електричну енергію має містити зміну економічних, соціальних і демографічних чинників, адже без їх урахування задача прогнозування перетворюється на задачу екстраполяції даних, що не може врахувати розвитку об'єктивно існуючої дійсності, у межах якої якраз і функціонує ринок електричної енергії.

Методи, які можуть бути застосовані при побудові таких моделей розглянуті далі в розділі.

## **2.2 Методи прогнозування попиту на електричну енергію**

### **2.2.1 Апроксимація даних та екстраполяція функцій**

Апроксимація (Approximation) взагалі – це наближений опис однією функцією (апроксимувальною) заданого вигляду іншої функції (апроксимованої), яка задається у будь-якому вигляді (при апроксимації даних вона задається у вигляді масивів даних)[38].

Існує два головних підходи до апроксимації даних. При одному з них вимагають, щоб апроксимувальна крива (можливо кусково-гладка) проходила через всі точки, які задані таблицею. Це можна зробити з допомогою методів інтерполяції, які були розглянуті в попередньому розділі. При іншому підході дані апроксимують простою функцією, яка використовується при всіх табличних значеннях, але не обов'язково, щоб вона проходила через всі точки. Такий підхід зветься припасуванням кривої, яку прагнуть провести так, щоб її відхилення від табличних даних був мінімальним. Як правило, користуються методом найменших квадратів (МНК), тобто зводять до мінімуму суму квадратів різниць між значенням функції, яка визначена обраною кривою, та таблицею[38].

Одним із найбільш поширених методів короткострокового прогнозування економічних явищ є екстраполяція.

Термін "екстраполяція" має кілька тлумачень. У широкому значенні

екстраполяція - це метод наукового дослідження, що полягає в поширенні висновків, отриманих зі спостережень за однією частиною явища, на іншу його частину. У вузькому значенні - це визначення по ряду даних функції інших її значень поза цим рядом.[39]

Екстраполяція полягає у вивченні сформованих у минулому і сьогоденні стійких тенденцій економічного розвитку і перенесення їх на майбутнє.

Мета такого прогнозу - показати, до яких результатів можна дійти в майбутньому, якщо рухатися до нього з тією самою швидкістю або прискоренням, що й у минулому.

Прогноз визначає очікувані варіанти економічного розвитку виходячи з гіпотези, що основні фактори і тенденції минулого періоду збережуться на період прогнозу або що можна обґрунтувати і врахувати напрямок їхніх змін у розглянутій перспективі. Подібна гіпотеза висувається виходячи з інертності економічних явищ і процесів [39].

У прогнозуванні екстраполяція застосовується при вивченні часових рядів.

### **2.2.2 Регресійний аналіз**

Регресійний аналіз (англ. regression analysis) – це метод визначення відокремленого і спільного впливу факторів на результативну ознаку та кількісної оцінки цього впливу шляхом використання відповідних критеріїв[40].

Регресійний аналіз проводиться на основі побудованого рівняння регресії і визначає внесок кожної незалежної змінної у варіацію досліджуваної (прогнозованої) залежної змінної величини.

Основним завданням регресійного аналізу є визначення впливу факторів на результативний показник (в абсолютних показниках). Передусім для цього необхідно підібрати та обґрунтувати рівняння зв'язку, що відповідає характеру аналітичної стохастичної залежності між досліджуваними ознаками. Рівняння регресії показує як в середньому змінюється результативна ознака ( $Y_x$ ) під впливом зміни факторних ознак ( $x_i$ )[40].

Регресійний аналіз використовується в тому випадку, якщо відношення між змінними можуть бути виражені кількісно у виді деякої комбінації цих змінних. Отримана комбінація використовується для передбачення значення, що може приймати цільова (залежна) змінна, яка обчислюється на заданому наборі значень вхідних (незалежних) змінних. У найпростішому випадку для цього використовуються стандартні статистичні методи, такі як лінійна регресія. На жаль, більшість реальних моделей не вкладаються в рамки лінійної регресії. Наприклад, розміри продажів чи фондові ціни дуже складні для передбачення, оскільки можуть залежати від комплексу взаємозв'язків множин змінних. Таким чином, необхідні комплексні методи для передбачення майбутніх значень[41].

Задачі регресійного аналізу

- 1.Визначення ступеня детермінованості варіації критеріальної (залежної) змінної предикторами (незалежними змінними).
- 2.Прогнозування значення залежної змінної за допомогою незалежної.
- 3.Визначення внеску окремих незалежних змінних у варіацію залежної.

Регресійний аналіз не можна використовувати для визначення наявності зв'язку між змінними, оскільки наявність такого зв'язку і є передумова для застосування аналізу[41].

У загальному вигляді рівняння регресії можна представити так:

$$Y_x = f(x_1 x_2, \dots x_n) \quad (2.1)$$

де  $Y_x$  – залежна змінна величина;

$X$  – незалежна змінна величина.

Залежно від кількості змінних величин виділяють різні види регресійного аналізу. Якщо змінна величина завжди одна, то змінних може бути як одна, так і декілька. Виходячи з цього, виділяють два види регресійного аналізу: парний (простий ) регресійний аналіз і регресійний аналіз на основі множинної регресії, або багатофакторний.

Парний регресійний аналіз – вид регресійного аналізу, що включає у себе розгляд однієї незалежної змінної величини, а багатофакторний – відповідно

дві величини і більше[40].

Зважаючи на характер зв'язку, в регресійному аналізі можуть використовуватися лінійні та нелінійні функції. Для визначення характеру залежності та, відповідно, побудови рівняння регресії доцільно застосувати графічний метод, порівняння рівнобіжних рядів вихідних даних, табличний метод.

Так, графічний метод дає найбільш наочну картину розміщення крапок на графіку, завдяки чому можна виявити напрям і вид залежності між досліджуваними показниками: прямолінійна чи криволінійна.

За допомогою порівняння рівнобіжних рядів ознак можна спостерігати за рівномірністю їх взаємних змін. Якщо зміна факторної ознаки ( $x$ ) призводить до відносно рівномірної зміни результативної ( $Y_x$ ), тоді використовується лінійна функція (наприклад, залежність між урожайністю культур і кількістю внесених добрив).

Найпростішим рівнянням парної регресії, що описує лінійну залежність між факторною і результативною ознаками, є рівняння прямої, яке має такий вигляд[40]:

$$Y_x = a_0 + a_1 x \quad (2.2)$$

де  $Y_x$  – залежна змінна, яка оцінюється або прогнозується (результативна ознака)

$a_0$  - вільний член рівняння

$a_1$  - коефіцієнт регресії

$x$  - незалежна змінна (факторна ознака), яка використовується для визначення залежної змінної.

Параметри рівняння обчислюються на основі системи нормальних рівнянь методом найменших квадратів[40]:

$$\begin{cases} \sum y = na_0 + a_1 \sum x \\ \sum xy = a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 \end{cases} \quad (2.3)$$

Звідси

$$a_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - \sum x \sum x}$$

$$a_0 = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - \sum x \sum x} \quad (2.4)$$

Для зручності розрахунків регресійного та кореляційного аналізу (розглянемо далі) доцільно використати таку форму таблиці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Вихідні та розрахункові дані для обчислення регресійно-кореляційних характеристик (парна прямолінійна кореляція)

	Вихідні дані		Розраховані величини			Y <sub>x</sub>
	Факторна ознака(x)	Результативна ознака(y)	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x*y	
1						
2						
...						
X(в середньому)						

Множинна регресія (або багатфакторна регресія) використовується для визначення математичної залежності між багатьма (двома або більше) незалежними змінними (факторними ознаками) і залежною змінною (результативною ознакою):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (2.5)$$

де індекс  $k$  - кількість факторних ознак[42].

Зважаючи на те, що будь-яку функцію багатьох змінних шляхом логарифмування або заміни змінних можна звести до лінійного вигляду, рівняння множинної регресії можна виразити у вигляді лінійної функції:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_k x_k \quad (2.6)$$

Результативна ознака  $y$  є очікуваною (або прогножною) величиною і надалі цю змінну будемо зверху позначати діактричним знаком циркумфлекс (лат. *circumflexus*), щоб відрізнити її відфактичної величини  $y_i$ , що спостерігається. Якщо аналізується  $k$  факторів то надаємо кожному з них індекс « $j$ », тобто маємо позначення  $x_j$  для кожного фактору,

де  $j = 1, \dots, k$ .

Основне змістовне навантаження в рівнянні регресії несе коефіцієнт регресії. Найчастіше застосовуються лінійні рівняння або приведені до лінійного вигляду. Коефіцієнт регресії – це кутовий коефіцієнт у прямолінійному рівнянні кореляційного зв'язку. У лінійній функції рівняння регресії він показує на скільки одиниць в середньому зміниться результативна ознака ( $y$ ) при зміні факторної ознаки ( $x$ ) на одиницю свого натурального виміру. Тобто, коефіцієнт регресії – це варіація  $y$ , яка припадає на одиницю варіації  $x$ . Коефіцієнт регресії має одиницю виміру результативної ознаки. За наявності прямого зв'язку коефіцієнт регресії є додатною величиною, а за зворотного зв'язку – від'ємною[40].

Параметр  $a_0$  – вільний член рівняння регресії, тобто це значення  $y$  при  $x=0$ . Цей показник має тільки розрахункове значення у випадках, коли  $x$  не має нульових значень.

У разі, коли зі зміною факторної ознаки результативна змінюється нерівномірно, використовуються нелінійні функції. Так, якщо зміна факторного показника сприяла прискореній динаміці результативного показника (наприклад, вплив обсягу грошової маси на рівень інфляції), доцільно використати степеневу функцію:

$$Y = ax^b \quad (2.7)$$

У випадку, коли під впливом факторної ознаки результативна змінюється нерівномірно, причому з уповільненням, використовується рівняння гіперболи:

$$Y_x = a + \frac{b}{x} \quad (2.8)$$

Прикладом такої залежності є залежність рівня продуктивності праці робітників від рівня їх заробітної плати.

Якщо зміна факторної ознаки супроводжується нерівномірною варіацією факторної ознаки із зміною напряму зв'язку, нелінійна регресія описується рівнянням параболі:

$$Y_x = a + bx + cx^2 \quad (2.9)$$

Паралельне зіставлення рядів значень рівнів озброєності праці основними засобами та її продуктивності, а також крапковий графік "кореляційного поля" свідчать про наявність і напрям зв'язку (прямий) між наведеними показниками. Причому зміна озброєності праці (факторної ознаки  $x$ ) приводить до відносно рівномірної зміни продуктивності праці (результативної ознаки  $y$ ), що видно із графіка

Метод регресійного аналізу вважається найдосконалішим з усіх використовуваних нині нормативно-параметричних методів. Він широко застосовується для аналізу та встановлення рівня і співвідношень вартості продукції, яка характеризується наявністю одного або декількох техніко-економічних параметрів, що характеризують головні споживчі якості. Регресивний аналіз надає можливість знайти емпіричну форму залежності ціни від техніко-економічних параметрів товарів і виробів. При цьому він виступає в ролі цільової функції параметрів.

Метод регресійного аналізу особливо ефективний за умови здійснення розрахунків за допомогою сучасних інформаційних технологій і систем[40].

### **2.2.3 SWOT-аналіз**

Сутність і значення SWOT-аналізу

Кожна організація (підприємство) має на ринку певні переваги і наділена недоліками. SWOT-аналіз (strength, weaknesses, opportunities and threats) - дає змогу виявити ті сильні і слабкі сторони, які потребують найбільшої уваги і зусиль з боку підприємства. Перед початком SWOT-аналізу комплексно зосереджуються на ймовірних загрозах і можливостях, що постають перед виробником. Після цього слід з'ясувати, які загрози є найбільш імовірними і які

ризика вони здатні спричинити. Саме вони потребують найбільшої уваги і концентрації зусиль з метою їх усунення[43].

Оцінюючи можливості, слід зважити на їх потенційну привабливість і ймовірність їх реалізації, а також те, чи заплановані вигоди можуть перевершити ймовірні втрати внаслідок реалізації можливостей. Іноді можливості несуть в собі як велику привабливість, так і великий ризик. Залежно від ситуації один і той самий фактор здатний бути як загрозою, так і можливістю.

Метою SWOT-аналізу не є з'ясування всіх сильних і слабких сторін, це надто складно і не забезпечує досягнення ефективності. Підприємство повинно зосередитися на тих із них, які можуть стати ключовими факторами успіху чи провалу, а надто широкий перелік нівелює те, що є найважливішим.

#### Аналіз сильних і слабких сторін, шансів і загроз

Узагальнити ситуацію на підприємстві і на ринку, побачити шанси та загрози SWOT - аналіз допомагає через визначення слабких і сильних сторін підприємства і його конкурентів. Процес такого аналізу охоплює три етапи: ідентифікацію сильних і слабких сторін; ідентифікацію шансів і загроз та відображення їх з точки зору слабких і сильних сторін підприємства; пошук можливості діяти на межі відповідних характеристик підприємства і його конкурентів. Схему аналізу наведено на табл. 2.2.

Ідентифікація сильних і слабких сторін підприємства полягає в оцінюванні окремих елементів маркетингу-мікс (маркетингових факторів успіху). Для адекватного відображення ситуації такий аналіз повинен використовувати дані попереднього аналізу; здійснюватись послідовно представниками різних підрозділів; доповнюватися думкою клієнтів, аналітиків, консультантів, експертів.

Сильні і слабкі сторони оцінюють стосовно конкурентів та умов зовнішнього середовища. У пошуку сильних і слабких сторін можна використати певну систему критеріїв (табл. 2.2)[43].



Таблиця. 2.2 - Аналіз шансів і загроз, сильних і слабких сторін

Оточення	Шанси			Загрози		
Підприємство	1	2	3	1	2	3
Сильні сторони						
1						
2						
3						
Слабкі сторони						
1						
2						
3						

Застосуванню SWOT-аналізу повинен передувати аналіз з використанням поширених у розвинутих країнах методів PEST і PRESTCOM. Одержаною з їх допомогою ринковою інформацією послуговуються для з'ясування шансів і загроз підприємству на ринку.

Після ідентифікації змін визначають, які з них трактувати як шанси, а які - як загрози: ті, які сприяють розвитку - шанси, а ті, що створюють проблеми, - загрози. Аналізують передусім ті, що обіцяють найбільші позитивні і негативні результати. Особливої уваги потребують абсолютно нові зміни, щодо яких важко спрогнозувати результат. Шанси і загрози потрібно аналізувати з точки зору майбутнього; сильні і слабкі сторони - з огляду на актуальну ситуацію.

Аналіз сприяє пошуку розв'язання проблем на межі кожного шансу і загрози, а також проблем, пов'язаних з кожною слабкою і сильною стороною. Після розгляду всіх можливостей діяльності може виявитися, що не всі шанси підприємство здатне використати і не всі можливості можуть бути реалізовані. За результатами такого аналізу підприємство повинно визначитись, які шанси

використати, а які ні; які сильні сторони використовувати активніше, а які не вартують великих зусиль; які загрози ліквідувати, яких уникати, які перетворити на шанси; які слабкі сторони залишити, які ліквідувати, які перетворити на сильні тощо.

Якісно здійснений маркетинговий аналіз повинен спиратися на результати маркетингових досліджень; визначати сильні і слабкі сторони підприємства і його товарів на фоні конкурентів; концентруватись на найважливіших шансах і загрозах; ідентифікувати різні реальні можливості діяльності; відповідати своїм змістом і процедурно методологічним вимогам[43].

#### **2.2.4 Програмне забезпечення та методика розрахунку в MS Excel**

Microsoft Excel (повна назва Microsoft Office Excel) — табличний процесор, програма для роботи з електронними таблицями, створена корпорацією Microsoft для Microsoft Windows, Windows NT і Mac OS. Програма входить до складу офісного пакету Microsoft Office[44].

Область застосування Microsoft Excel

##### **Типові області застосування Excel:**

- завдяки тому, що лист Excel являє собою готову таблицю, Excel часто використовують для створення документів без усіляких розрахунків, що просто мають табличне представлення (наприклад, прайс-листи в магазинах, розклади);
- у Excel легко можна створювати різні види графіків і діаграм, які беруть дані для побудови з комірок таблиць (графік зниження ваги тіла за вказаний період від початку занять спортом);
- його можуть використовувати звичайні користувачі для елементарних розрахунків (скільки витратив за цей місяць, що/кому/коли дав/взяв);
- Excel містить багато математичних і статистичних функцій, завдяки чому його можуть використовувати школярі і студенти для розрахунків курсових, лабораторних робіт;
- Excel інтенсивно використовується в бухгалтерії — у багатьох фірмах це

основний інструмент для оформлення документів, розрахунків і створення діаграм. Природно, він має в собі відповідні функції;

Excel може навіть працювати як база даних. Хоча, звичайно, до повноцінної бази даних йому далеко[44].

### **Загальні відомості**

Excel — програмований табличний калькулятор. Всі розрахунки в Excel виконують формули. Excel вважає формулою все, що починається із знаку "=". Якщо в комірці написати просто «1 +1», то Excel не буде обчислювати цей вислів. Однак, якщо написати «=1 +1» і натиснути клавішу Enter, в комірці з'явиться результат обчислення виразу — число 2. Після натискання клавіші Enter формула не пропадає, її можна побачити в панелі інструментів «Рядок формул».

У формулі можна використовувати різні типи операторів (арифметичні і т. ін.), текст, посилання на комірку або діапазон комірок, круглі дужки, іменовані діапазони. Природно, в формулах дотримується пріоритет виконання операцій (множення виконується раніше додавання і т. ін.). Для зміни порядку виконання операцій використовуються круглі дужки.

### **Використання посилань у формулах**

Для того, щоб вставити у формулу адресу клітинки (посилання на клітинку), не обов'язково писати його вручну. Простіше поставити знак "=", потім лівою кнопкою клацнути на потрібній клітинці або виділити потрібний діапазон клітинок. При цьому Excel підставить у формулу посилання автоматично. Якщо у формулі використовується декілька посилань, то кожній з них Excel дає свій колір. Це дуже зручно. Приклад: напишіть в будь-якій клітинці формулу «= A1 + D1», натисніть Enter, потім два рази клікнути по клітинці. Тоді ви побачите формулу з різнокольоровими посиланнями, а навколо клітинок A1 і D1 будуть прямокутники відповідних кольорів. Набагато простіше знайти, куди вказує посилання, за кольором прямокутника, ніж переглядати букви стовпців і номери рядків. Наведіть курсор миші на один з різнокольорових прямокутників і перетягніть лівою кнопкою за рамку в інше

місце. Ви побачите, що при цьому міняються відповідно і адреси клітинок у формулі — часто це найшвидший спосіб підправити адресу у формулі, особливо після копіювання маркером автозаповнення. Коли треба цьому запобігти, достатньо поставити знак долара (\$) перед рядком або стовпчиком[44].

Наприклад, якщо в клітинці B3 є формула, виражена через клітинку A5, то в C6 ця клітинка стане B8, \$A5 стане A8, A\$5 стане B5, а \$A\$5 не зміниться.

### Оператори

Оператори в Excel бувають бінарні і унарні. Бінарні оператори працюють з двома значеннями. Наприклад, оператор «\*» примножує число зліва від себе на число праворуч від себе. Якщо число ліворуч або праворуч пропустити, то Excel видасть помилку. Унарні оператори оперують одним значенням. Приклад унарних операторів: унарний «+» (нічого не робить), унарний «-» (змінює знак числа праворуч на протилежний) або знак «%» (ділить число зліва на 100).

Пакет «Аналіз даних»: регресія. В MS Excel для побудови моделі багатофакторної регресії обираємо у меню пакету «Аналіз даних» інструмент аналізу «Регресія». За наявності вихідних даних його використання дозволяє отримати результати регресійної статистики, дисперсійного аналізу, довірчих інтервалів, залишки і графіки підбору лінії регресії. Для цього необхідно виконати наступні послідовні кроки. У верхньому полі діалогового вікна

«Вхідний інтервал Y» вводиться діапазон значень результативної ознаки, у наступному полі «Вхідний інтервал X» — діапазон значень факторних ознак

Опція «Мітки» використовується для ідентифікації масиву значень і дозволяє виводити в результати розрахунку назви стовпців, якщо зробити позначку, то це буде вказувати, що перший рядок містить назви стовпців.

Опція «Рівень надійності» визначає межі довірчих інтервалів для коефіцієнтів регресії і за умовчужанням рівень надійності прийнятий рівним 95%. Коли необхідно побудувати довірчі інтервали для коефіцієнтів регресії з

довірчим рівнем, відмінним від 95%, то необхідно встановити позначку і в полі ввести нове значення рівня надійності (наприклад, 90 %, 99 % ).

Позначка «Константа-нуль» вказує на наявність або відсутність вільного члена в рівнянні. Результати розрахунку можна вивести на новому робочому аркуші, або на цьому ж аркуші. Для цього в розділі «Параметри виводу» необхідно обрати поле

«Вихідний інтервал» і встановити курсор в тієї комірці поточного аркуша, з якої почнеться виведення результатів. В полі «Новий робочий аркуш» можна вказати ім'я нового аркуша (якщо не вказувати, то результати виводяться на новостворений аркуш)[44].

В MS Excel всі оцінки за умовчанням проводяться з рівнем значущості  $\alpha = 0,05$  (або з рівнем надійності  $P = (1 - \alpha) = 0,95$  . В пакеті «Аналіз даних», інструмент аналізу «Регресія» в опції «Рівень надійності» величина  $P$  задана у відсотках (%), тобто  $P = (1 - \alpha) \cdot 100\%$ . Ймовірність прийняття нульової гіпотези - величина - р-значення (англ. pvalue) –в надається таблиці, що виводиться як результат розрахунку. Ймовірність прийняття нульової гіпотези - величина - р-значення (англ. p- value) –в надається таблиці, що виводиться як результат розрахунку[42].

## **Висновок до розділу 2**

Прогнозування попиту на електроенергію – важливе питання енергетичного планування та політики. Це складне питання не тільки для країн, що розвиваються, у яких відсутні необхідні дані, підходящі моделі та інституціональний апарат, а й для промислово розвинених країн, у яких такі ускладнення відсутні.

Наукове обґрунтування розвитку енергетики на сучасному етапі становлення економіки неможливе без застосування відповідних інструментів аналізу – математичних моделей, метою яких є визначення, зокрема, прогнозного попиту на енергоресурси на основі можливих сценаріїв економічного розвитку країни з урахуванням прогнозних обсягів

енергозбереження.

Отже економіко-математична модель прогнозування попиту на електричну енергію має містити зміну економічних, соціальних і демографічних чинників.

У даному розділі було проаналізовані методи та методики з прогнозування попиту, які застосовуються у економіко-математичних моделях прогнозування попиту на електричну енергію які будуть використовуватись у даній роботі , а саме: апроксимація даних та екстраполяція функцій, регресійний аналіз, SWOT-аналіз. Регресійний аналіз, апроксимація даних та екстраполяція функції використовуються у розділі 3. SWOT-аналіз задіяний у стартапі (розділ 5).

## **3 МОДЕЛЮВАННЯ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА**

### **3.1 Прогнозування електроспоживання в Україні**

Згідно з [63-65] в Україні спостерігається тенденція розвитку відновлюваної енергетики за усі напрямками, особливу увагу слід віддати розвитку сонячної електроенергетики зокрема в останні роки з'явилась тенденція до появи споживачів ів»

Споживання енергоресурсів до 2035 року збільшиться майже на третину - з 13,1 млрд. тонн нафтового еквівалента в 2015 році до 17,3 млрд тонн в 2035-м. При цьому в Україні загальне споживання енергоресурсів зросте на 7% - з 90 до 96 млн. тонн нафтового еквівалента, прогнозують експерти. Очікується, що частка нафти в світовому споживанні енергоресурсів з 2015 по 2035 рік скоротиться з 32 до 27%, а частка вугілля - з 29 до 22%. Одночасно з ростом загального енергоспоживання, за прогнозами експертів, істотно збільшиться частка поновлюваних джерел енергії - з використанням енергії сонця, вітру, води. Світовий прогноз - за найближчі 15 років частка поновлюваних джерел зросте з нинішніх 3% до 14%. А в Україні, судячи з усього, це зростання буде ще більш істотним - з нинішніх 5% до 25% до 2035 року. Україна має намір майже в два рази збільшити частку гідроелектростанцій у виробництві електроенергії – до 15,5% проти нинішніх 8,6% [60].

Даний розділ буде присвячений моделюванню керування попитом на електричну енергію активного споживача за допомогою множинної лінійної регресії для визначення прогнозного значення споживання електроенергії домогосподарствами.

### **3.2 Прогнозування керування попитом за допомогою MS Excel**

Мета регресійного аналізу - встановити конкретну аналітичну залежність одного або кількох результативних показників від одного або кількох ознак-факторів. Отримане при цьому рівняння регресії використовується для

змістовного опису досліджуваного процесу, прогнозування, вибору оптимального варіанта і т. д. Якщо в рівняння регресії включені ознаки-фактори, що враховують і можливе випадкове поведінка результативної ознаки, то такий вираз являє регресійну модель явища чи процесу.

Регресійний аналіз використовується в тому випадку, якщо відношення між змінними можуть бути виражені кількісно у виді деякої комбінації цих змінних. Отримана комбінація використовується для передбачення значення, що може приймати цільова (залежна) змінна, яка обчислюється на заданому наборі значень вхідних (незалежних) змінних. У найпростішому випадку для цього використовуються стандартні статистичні методи, такі як лінійна регресія.

На підставі регресійного аналізу зробити перевірку та провести оцінку статистичної якості оціненого рівняння. Перевірка статистичного якості оціненого рівняння регресії проводиться, з одного боку, по статистичній значущості параметрів рівняння, а з іншого боку, по загальній якості рівняння регресії. За результатами проведеного аналізу визначити параметри множинної лінійної регресії та надати кінцеве рівняння.

Дані взяті з держстандарту, НКРЕКП, держенергоефективності наведеними у таблиці 3.1. [66-68].

Для прогнозування змін у встановленній потужності при збільшенні кількості приватних домогосподарств, які мають встановленні сонячні електростанції та отримали «зелений тариф» були застосовані методи апроксимації і екстраполяції. Для визначені тренду функція  $y=f(x)$  де  $y$  – встановленна потужність Мвт,  $x$ - кількість приватних домогосподарств. Були запропоновані 3 підходи. Отримання тренду завдяки лінійної та степеневій функції.

У програмі MS Excel проводимо апроксимацію та екстраполяцію. Результат апроксимації та тренд отриманий за допомогою лінійної функції зображений на Рис.3.1.Відповідно на Рис. 3.2 зображений результат і тренд екстраполяції степеневій функції.



Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Рік, квартал	кількість приватних домогосподарств	встановлена потужність, МВт
	X1	Y
3 квартал 15 року	232	1,2
4 квартал 15 року	244	2,2
1 квартал 16	288	3,4
2 квартал 16	436	5,1
3 квартал 16	629	7,9
4 квартал 16	1109	16,7
1 квартал 17	1309	20,1
2 квартал 17	1635	24,9
3 квартал 17	2329	37,1
4 квартал 17	3010	51
1 квартал 18	3223	69
2 квартал 18	4660	89
3 квартал 18	6031	121
4 квартал 18	7950	187
1 квартал 19	8843	190

$$y = 0.0225x - 7,9813$$

$$R^2 = 0,9896 \quad (3.1)$$

$$y = 0,0019x^{1,2786}$$

$$R^2 = 0,9885 \quad (3.2),$$

де  $X_1$  - кількість приватних домогосподарств,  $Y$  - встановлена потужність, МВт.  $R^2$  – коефіцієнт детермінації

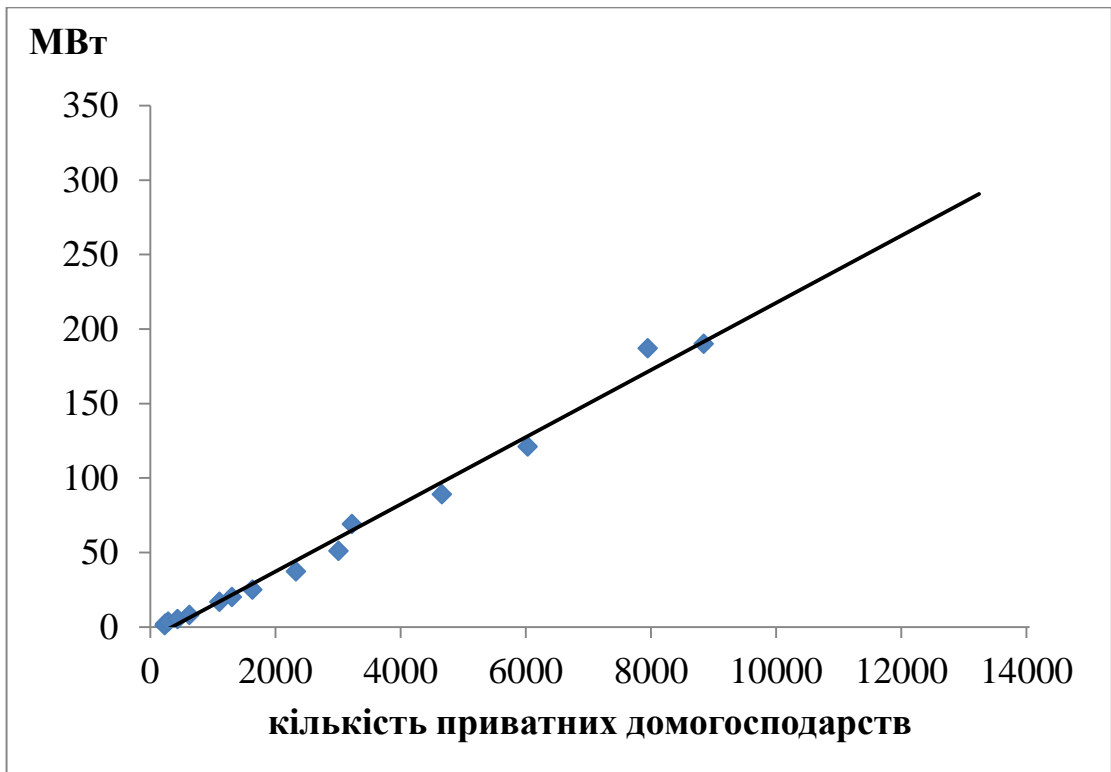


Рисунок 3.1 – Графік апроксимації функції .

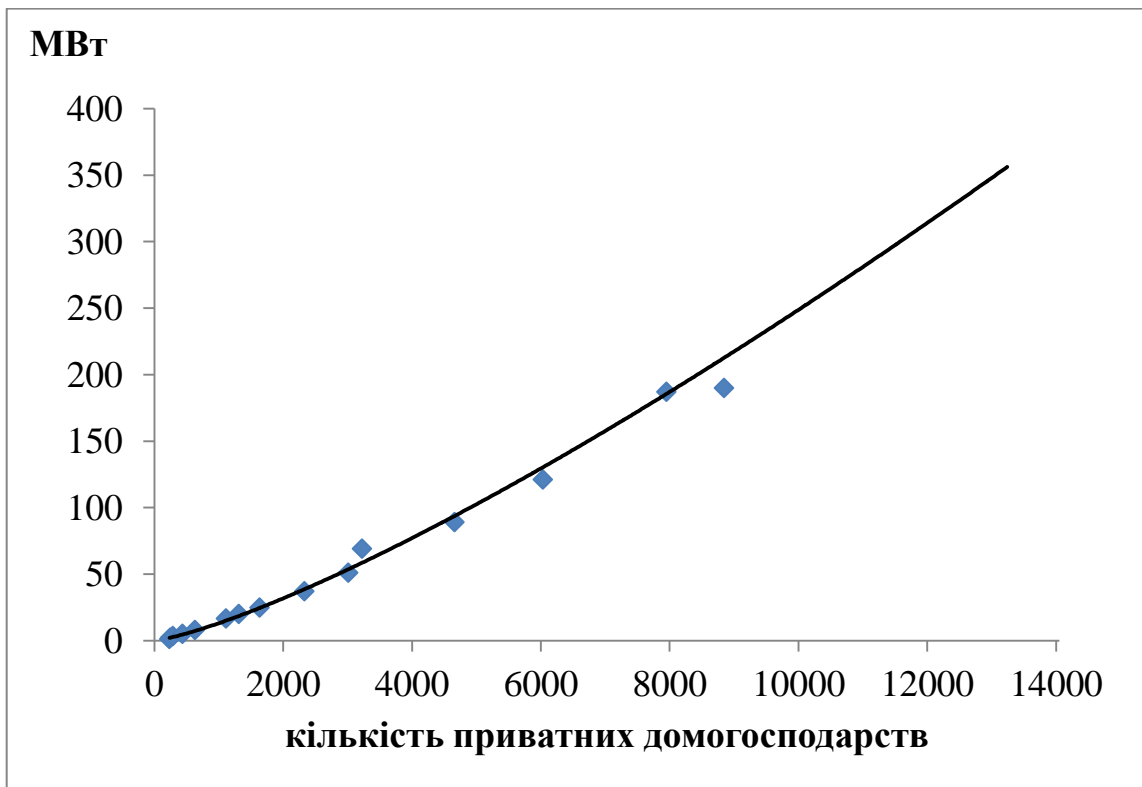


Рисунок. 3.2 – Графік екстраполяції функції

Після проведення апроксимації даних ми отримуємо тренд який описується рівнянням (3.1)

Результат екстраполяції та тренд , що описується рівнянням (3.2) отриманий за допомогою степеневі функції зображений на Рис 3.2.

Згідно до рівнянь 3.1 і 3.2 можна спрогнозувати збільшення потужності за умови збільшення домогосподарств. Проведемо порівняння прогнозування показників встановленої потужності за обома функціями (табл 3.2):

Таблиця 3.2 – Порівняння прогнозування показників встановленої потужності за лінійною і степеневою функціями

Збільшення (%)	Кількість приватних домогосподарств	Встановлена потужність, МВт		Різниця, МВт
		Лінійна	Степенева	
10	9727	210,88	281,05	27,79
25	11054	240,735	281,05	40,32
50	13265	290,47	354,83	64,36

З таблиці 3.2 можна зробити висновок , при збільшені кількості приватних домогосподарств – збільшується різниця встановленої потужності між степеневою і лінійною функціями, а також збільшується сама встановлена потужність.

Слід зауважити що прогнозне значення отримане за лінійною функцією є меншим аніж за степеневою але не значно. Не можна віддати переваги або лінійній або степеневій так, як коефіцієнти детермінації практично однакові .

### 3.3 Побудова моделі множинної регресії засобами MS Excel

В MS Excel для побудови моделі багатофакторної регресії обираємо у меню пакету «Аналіз даних» інструмент аналізу «Регресія». Його використання дозволяє отримати результати регресійної статистики, дисперсійного аналізу, довірчих інтервалів. Для цього необхідно виконати наступні послідовні кроки.

У верхньому полі діалогового вікна «Вхідний інтервал Y» вводиться діапазон значень результативної ознаки. У наступному полі «Вхідний інтервал X» – діапазон значень факторних ознак ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ). Опція «Мітки» використовується для ідентифікації масиву значень і дозволяє виводити в результати розрахунку назви стовпців, тому якщо зробити позначку, це буде вказувати, що перший рядок містить назви стовпців. Опція «Рівень надійності» визначає межі довірчих інтервалів для коефіцієнтів регресії і за умовчужанням рівень надійності прийнятий рівним 95%. Коли необхідно побудувати довірчі інтервали для коефіцієнтів регресії з довірчим рівнем, відмінним від 95%, то необхідно встановити позначку і в полі ввести нове значення рівня надійності. Позначка «Константа-нуль» вказує на наявність або відсутність вільного члена в рівнянні

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для множинної регресії.

Роки	встановлена потужність, МВт	кількість приватних домогосподарств	Наявний дохід у розрахунку на одну особу, грн
	Y	X1	X2
<b>2014</b>	<b>0,1</b>	<b>21</b>	<b>26782,1</b>
<b>2015</b>	<b>2,2</b>	<b>244</b>	<b>31803,1</b>
<b>2016</b>	<b>16,7</b>	<b>1109</b>	<b>37079,9</b>
<b>2017</b>	<b>51,11</b>	<b>3010</b>	<b>47269,7</b>
<b>2018</b>	<b>187</b>	<b>7949</b>	<b>57908,4</b>

Отримуємо наступні результати розрахунку, що приведені в таблиці 3.4

Таблица 3.4 - Пакет «Анализ данных» - инструмент анализа «Регрессия» -  
Результаты расчета

Регрессионная статистика									
Множественный R	0,9995								
R-квадрат	0,9990								
Нормированный R-квадрат	0,9980								
Стандартная ошибка	3,5016								
Наблюдения	5								
Дисперсионный анализ									
	df	SS	MS	F	Значимость F				
Регрессия	2	24619,339	12309,67	1003,927	0,000995				
Остаток	2	24,523	12,262						
Итого	4	24643,862							
Коэффициенты		Стандартная ошибка	Статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95%
Y-пересечение	58,58	14,906	3,930	0,059	-5,555	122,716	-5,555	122,716	0,039
Переменная X 1	0,031	0,0018	17,47	0,003	0,024	0,039	0,024	0,039	0,039
Переменная X 2	-0,002	0,0005	-4,457	0,047	-0,004	-7,3E-05	-0,004	-7,3E-05	0,039

### 3.3.1 Анализ результатов та визначення параметрів множинної лінійної регресії

Для аналізу та перевірки статистичної якості рівняння використовуються дані регресійної статистики, дисперсійного аналізу, значення і оцінку параметрів множинної лінійної регресії (таблиця 3.5-3.7)

Таблица 3.5 – Регрессионная статистика

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,9995
R-квадрат	0,9990
Нормированный R-квадрат	0,9980
Стандартная ошибка	3,5016
Наблюдения	5

Таблица 3.6. – Дисперсійний аналіз

Дисперсионный анализ					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	2	24619,339	12309,67	1003,927	0,000995
Остаток	2	24,523	12,262		
Итого	4	24643,862			

Після того як побудована модель лінійної регресії, проводиться оцінка значущості як регресійного рівняння в цілому, так і окремих його параметрів. Для цього необхідно проаналізувати отримані вище результати розрахунку. Таблица 3.7 включає «р-значение», як характеризує вірогідність помилкового рішення.

Таблица 3.7 - Результаты оцінки параметрів регресії методом найменших квадратів

	<i>Коэффициент</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>т-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0</i>	<i>Верхние 95,0</i>
Y-пересечение	58,58	14,906	3,930	0,059	-5,555	122,716	-5,555	122,716
Переменная X 1	0,031	0,0018	17,47	0,003	0,024	0,039	0,024	0,039
Переменная X 2	-0,002	0,0005	-4,457	0,047	-0,004	-7,3E-05	-0,004	-7,3E-05

### Висновок до 3 розділу

У даному розділі змодельовано керування попитом на електричну енергію активного споживача за допомогою множинної лінійної регресії для визначення прогнозного значення споживання електроенергії в домогосподарствах.

За математичними моделями спрогнозовано зміни у встановленій потужності при збільшенні кількості приватних домогосподарств, які мають встановлені сонячні електростанції та отримали «зелений тариф», використано методи апроксимації і екстраполяції.

Розробити математично-статистичні інструменти для прийняття ефективних управлінських рішень з керування попитом.

Визначено методи прогнозування попиту електричної енергії

Дані методи показали ,що при збільшені кількості приватних домогосподарств – збільшується різниця встановленої потужності між степеневою і лінійною функціями, а також збільшується сама встановлена потужність.

Слід зауважити що прогнозне значення отримане за лінійною функцією є меншим аніж за степеневою але не значно. Не можна віддати переваги або лінійній або степеневій так, як коефіцієнти детермінації практично однакові

Також застосований метод регресійного аналізу , а саме множинно лінійна регресія. У вигляді економічного фактору було обрано «наявний дохід у розрахунку на одну особу»

## **4 МЕХАНІЗМИ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ ЗА НАЯВНОСТІ АКТИВНОГО СПОЖИВАЧА**

### **4.1 Аналіз моделей інтеграції активних споживачів в ринок електричної енергії України**

#### **4.1.1 Активний споживач**

В англomовній літературі ширше використовується поняття «prosumer» — це такий споживач енергії, який є не тільки її пасивним покупцем, але й може деяким чином взаємодіяти з мережею енергопостачання, впливати на її стан та ціни на ринку, в основному через можливість самостійно генерувати та зберігати енергію. Існує декілька варіантів походження цього терміну. За однією з них цей термін походить від поєднання англійських слів «producer» — виробник та «consumer» — споживач [46], за іншою — поєднання слів «professional» — професіональний та «consumer» — споживач [47].

Активний споживач — це споживач, який реагує та впливає на ринок енергії через систематичні дії і реакції, які націлені на мінімізацію витрат і збільшення власного та колективного прибутку. Пристосування до миттєвих цін на ринку та можливість керувати навантаженням для стабілізації графіка добового споживання є одними з найважливіших стимулів до розвитку активних споживачів та формування мікромереж [48]

Згідно до "Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії" Приватне домогосподарство - об'єкт індивідуального побутового споживача, який належить до житлового фонду та може складатись із квартири, житлового будинку (частини будинку) та, за наявності електрифікованих споруд, будівель у межах однієї території (прибудинкової/присадибної ділянки житлового будинку), на якому електрична енергія використовується на побутові потреби відповідно до укладеного договору.

Активним споживачем є учасник споживчого (роздрібного, локального) ринку енергії, який має можливість, виходячи зі своїх потреб та спроможності:

- 1) оптимізувати графік завантаження своїх власних потужностей як з метою



мінімізації власних витрат на енергію, так і з метою отримання доходу від продажу переуступленої енергії та потужності на ринок чи безпосередньо іншим споживачам; 2) надавати різного роду додаткові послуги системному оператору чи іншим споживачам; 3) продавати вироблену власними генеруючими установками або накопичену власними акумуляторами енергію в систему енергопостачання, або безпосередньо іншим споживачам, які цього потребують; 4) надавати відповідні додаткові послуги споживачам чи системі енергопостачання, якщо існує така можливість. Орієнтація на потреби споживачів (клієнтоорієнтований підхід) та їхні можливості (додаткових послуг та генерації електроенергії) потребує створення певних стимулів та використання різного роду сучасних мультиагентних (багатоагентних) систем керування, адаптованих до реалій електроенергетики України.

Активний споживач електричної енергії крім описаного вище також має можливість:

- самостійно вибирати режим власного електроспоживання відповідно до необхідності виконання своїх виробничих планів з випуску продукції або забезпечення енергією власного домогосподарства на відповідному рівні;
- оптимізувати свої витрати на купівлю електроенергії з зовнішніх ринків будь-якими дозволеними способами;
- визначати ступінь своєї участі в наданні додаткових послуг системному оператору чи іншим споживачам;
- самостійно визначати яку кількість власної електроенергії кому продавати, кому переуступати власну невикористану потужність;
- вибирати умови завантаження та режими роботи власного обладнання для формування заявки на участь у купівлі / продажу електроенергії на оптовому і роздрібному чи локальному ринках електроенергії;
- самостійно визначати, кому та які додаткові послуги надавати.

Такі права споживачів та орієнтація на їхні потреби (клієнтоорієнтований підхід) і можливості (в плані створення додаткових послуг і генерації енергії) потребує використання різного роду мультиагентних (багатоагентних) систем

керування, агенти (учасники) в яких є активними.

Необхідні умови формування активних споживачів [52]:

– підвищення технологічних можливостей, оперативності та автоматизації керування навантаженнями промислових, комерційних і побутових споживачів, системами освітлення, опалення та кондиціонування:

- розширення регульовальних діапазонів;
- оснащення керуючими елементами для віддаленого керування режимами;
- єдиний інтерфейс для інтегрованого керування різними типами струмоприймачів у споживача;

взаємодії з технологічною та комерційною інфраструктурами енергосистеми через засоби інтелектуального обліку в режимі:

віддаленого керування навантаженнями; віртуальної електростанції/споживача; самостійного реагування за ціною;

– динамічне ціноутворення, що забезпечує адекватні ринкові сигнали для активної економічної поведінки споживача на ринку:

- оптимізація витрат на енергопостачання від зовнішніх і власних джерел з урахуванням ефективної зміни графіка навантаження;

- оптимізація обсягів отримання системних послуг з урахуванням економічної вартості збитків від недопостачання або низької якості електроенергії;

- оптимізація чистого доходу від пропозиції власних генеруючих/акумуляуючих потужностей і пропозиції системних послуг з урахуванням поточної цінової динаміки;

- плата за підключення і використання мережі для АС з урахуванням динаміки їх впливу на рівень завантаження, втрат, вартість альтернативних мережевих рішень;

– рівноправна участь на оптових і локальних торгових майданчиках, у тому числі й у складі агрегованих споживачів або віртуальних електростанцій.

Повною мірою реалізувати потенціал активного споживача можна тільки поєднуючи функції обліку, контролю, керування навантаженням з акумулюванням енергії в місцях споживання та інтеграції джерел розосередженої генерації малої потужності в мережі споживачів.

Активність споживачів можна забезпечити кількома технологіями (рис. 4.1.), найбільш розповсюдженими серед яких є інтелектуальні прилади обліку енергії та СК попитом на основі таких приладів. Також можливим є використання джерел розосередженої генерації, системи акумулювання енергії, комбінацій перерахованого вище обладнання та відповідних систем керування активними споживачами різних рівнів. Крім того, деякі з перерахованих технологій досить ефективно можна використовувати і в перехідному періоді від традиційної до інтелектуальної енергетичної системи.

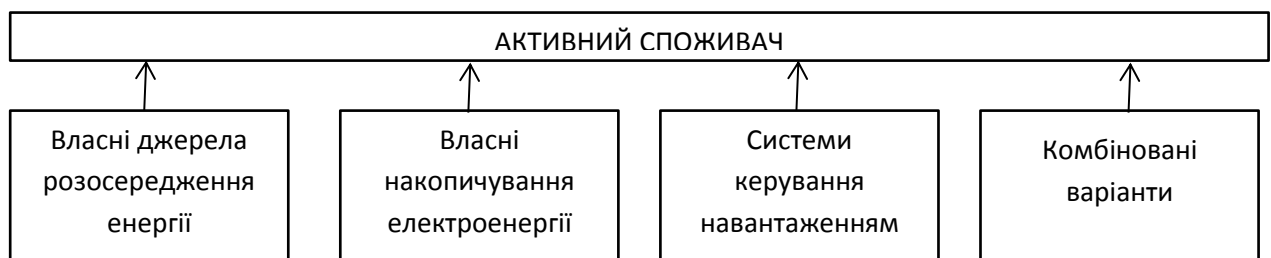


Рис 4.1. Можливості активного споживача

Навантаження будь-яких електроенергетичних систем складаються з сукупності навантажень окремих споживачів з індивідуальними для них графіками споживання (як протягом доби, тижня, так і відповідно до сезону), в результаті чого спостерігається нерівномірність навантаження. З врахуванням такого різноманіття та кількості споживачів, їхніх особливостей та характеристик актуальними є питання формування певних груп споживачів електроенергії з метою оцінки доцільності та потенціалу їхньої активної поведінки в кожній із цих груп і розробки відповідних методик для оцінювання рівня активної поведінки та рекомендацій щодо реалізації цього потенціалу.

Крім цього, споживачів електроенергії варто також розділити ще і за такими характеристиками:

- 1) мають потенціал активної поведінки та відповідне бажання його реалізувати;
- 2) мають потенціал активної поведінки, але не мають бажання його реалізовувати;
- 3) не мають потенціалу активної поведінки, але мають відповідне бажання до такої поведінки;
- 4) не мають ні потенціалу, ні бажання до активної поведінки.

Такий поділ у подальшому дасть змогу розробити більш точні рекомендації відповідним групам споживачів щодо вибору можливих стратегій поведінки, сформувати системи керування, провести налагодження взаємодії між такими елементами та сформувати закони керування.

З метою отримання максимального ефекту від інтеграції нових елементів у систему енергопостачання, необхідним є забезпечення здійснення ефективного відбору потужності навантаженнями споживачів від генераторів та накопичувачів, а також за допомогою нового інтегрованого обладнання – здійснення оптимізації та регулювання режимів роботи як СЕП, так і режимів роботи споживачів з метою здійснення ефективного регулювання та отримання взаємної вигоди.

Для забезпечення ефективного та якісного впровадження нового генеруючого та іншого обладнання активного споживача в систему енергопостачання (компенсаторів реактивної потужності, накопичувачів електроенергії і т.д.), а також мінімізації витрат часу і витрат на проектні та пусконаладжувальні роботи необхідно здійснювати комплекс робіт з системного аналізу на передпроектному етапі та в ході виконання робіт з проектування і виготовлення та монтажу устаткування:

- аналіз елементів об'єкта, самого об'єкта, його режимів роботи та взаємодії з існуючим обладнанням (підстанції, мережевого району, розподільних мереж підприємства, міжсистемних зв'язків, технологічного обладнання та інших навантажень);

- дослідження статичної та динамічної стійкості енергосистем при інтеграції нового обладнання чи при підключенні нових споживачів;

- вибір параметрів спрацювання і пристроїв релейного захисту та протиаварійної автоматики;
- визначення існуючих проблемних місць і вироблення рекомендацій щодо вдосконалення структури і режимів роботи мережі;
- вибір пристроїв компенсації реактивної потужності та місць їхнього встановлення з метою оптимізації режимів роботи об'єкта;
- аналіз існуючих і потенційних точок підключення та визначення перспективних місць приєднання джерел РГ та іншого обладнання;
- аналіз взаємодії джерел РГ з об'єктами системи енергопостачання в рамках об'єкта, що досліджується, та власним навантаженням;
- розробку стратегії управління обладнанням і аналіз досягнення поставлених завдань з оптимізації режимів роботи й впливу на об'єкт у цілому;
- економічне порівняння розглянутих варіантів роботи обладнання.

Активна поведінка споживачів електроенергії змінює їхню роль та функції, які вони можуть виконувати в системі енергопостачання, що проявляється у вигляді таких можливостей: 1) керування власним попитом; 2) оптимізація власного графіка споживання; 3) використання власної генерації; 4) надання додаткових системних послуг; 5) інші можливості.

Для розробки механізмів реалізації та стимулювання «активної» поведінки споживача спочатку необхідно розробити відповідну класифікацію споживачів з точки зору потенціалу активної участі, а також відповідні методики для оцінки такого потенціалу і вибору необхідного обладнання для його реалізації.

Традиційно в електроенергетиці виділяються якісні та кількісні класифікаційні ознаки, які можна застосовувати і до активного споживача. Крім того, на даному етапі додатково «активного споживача» можна класифікувати таким чином:

1) за встановленим обладнанням: споживачі з генеруючим обладнанням; споживачі з накопичувачами енергії; споживачі з системами керування навантаженням; комбіноване використання кількох варіантів («prosumer»);

2) за впливом на систему енергопостачання: споживачі, які використовують власне обладнання тільки для власних потреб; споживачі, які мають можливість передавати надлишки енергії до мережі чи інших споживачів; споживачі, які використовують обладнання лише для коригування .

«Активного споживача» можна також класифікувати ще за рядом ознак, які наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Класифікація «Активних споживачів»

Класифікаційна ознака	Характеристика
Вид споживача	За видом споживачів поділяють так: населення, промислові підприємства, транспорт та суб'єкт господарювання, які в свою чергу поділяються на більш вузькі та точніші класифікації
Вид технологічного процесу	Основні види технологічного процесу: - процес однаковий для кожного циклу, але за рахунок зміни часу початку циклу є можливість перенесення частини навантаження з часів максимального навантаження системи на менш завантажені ділянки; - процес постійний та неможливий для перенесення, але продукція відрізняється за електроємністю, а сам процес регулюється за інтенсивністю; - процес допускає перерви чи зупинки; - існує можливість розділення процесу та складування продукції; - процес вільний від обмежень на зниження навантаження
Потенціал зниження навантаження	Цей показник розбивається на відсоткові значення, що характеризують можливе зниження навантаження

## Продовження таблиці 4.1

Швидкість реакції на зміну навантаження	Показник характеризує як швидко споживач може змінити власне споживання відповідно до вимог мережі, починаючи від миттєвої зміни поступово наближаючись до 24 год.
Максимально можлива тривалість зменшення навантаження	Характеризує стійкість та гнучкість технологічного процесу, тобто залежно від можливості зниження навантаження без нанесення збитків споживачу та без створення певних незручностей. Варіантами є інтервали від кількох хвилин до кількох годин
Тривалість раптових відключень	Показник тривалості раптових відключень ілюструє час, на який було раптово припинено технологічний процес чи його частину. Варіанти вибору - 1 с, 1 хв, 10 хв, 30 хв та більше ніж 30 хв відповідно
Наявність обладнання з малою потужністю та короткочасним включенням	Показник відображає кількість обладнання, яке потенційно може житись від акумуляторних батарей чи власних РГ малої потужності
Частка обладнання I, II, III категорій надійності	Цей показник розраховується як відношення потужності обладнання певної категорії до загальної потужності обладнання, встановленого на підприємстві
Коефіцієнт залучення РГ	Розраховується як відношення обсягів спожитої енергії, що вироблена за рахунок РГ, до всієї спожитої енергії
Коефіцієнт залучення НВДЕ	Розраховується аналогічно коефіцієнту залучення РГ як відношення обсягів спожитої енергії, що вироблена за рахунок НВДЕ, до спожитої енергії

## Продовження таблиці 4.1

Потенціал НВДЕ для місцевості	Визначається від доступних ресурсів у даній місцевості. За даним показником можна визначити, яке обладнання та якої потужності можна встановити в безпосередній близькості для даного споживача
Баланс потреб підприємства та систем енергопостачання	Показує у скільки разів вироблена (або спожита) енергія за розглянутий період менша від тієї кількості електроенергії, яку було вироблено (спожито) за той же час, якби навантаження установки було максимальним
Можливість генерації в мережу	Можливість існує або даний споживач не має такої можливості чи мережа потребує модернізації
Обсяги генерації та графік видачі електроенергії в мережу та інші характеристики графіка споживання	При оцінці графіка електричного навантаження та оціночних коефіцієнтів потрібно розрахувати середнє значення навантаження, середньоквадратичне навантаження, дисперсію графіка, коефіцієнти максимуму навантаження, заповнення графіка та інші характеристики. Аналітичним шляхом робиться висновок про можливість зміни графіка споживання шляхом впровадження організаційних заходів чи встановлення обладнання АС.

#### 4.1.2 Особливості формування ринку електричної енергії України

Ефективне функціонування ринку електроенергетики як складової енергетичної системи має важливе значення для економіки будь-якої країни. Кожна країна обирає власну модель організації даного ринку беручи до уваги історичні, соціально-політичні та економічні фактори.



Сьогодні в електроенергетиці України активно започатковуються ринкові відносини, що зумовлено двома головними причинами. Перша з них пов'язана зі зміною зовнішніх, щодо галузі, умов господарювання. Найважливішими чинниками, які на це вплинули, є:

- тісний господарський контакт галузі як постачальника електроенергії з усіма підприємствами, що вступили на шлях ринкових відносин;
- обов'язкова участь галузі як споживача на ринках палива, сировини, матеріалів, обладнання;
- використання галуззю загального ринку праці;
- необхідність виконання загальнодержавних законів, спрямованих на формування ринкових відносин в економіці;
- недосконалість фінансово-кредитної системи.

Друга причина пов'язана з необхідністю реформ усередині галузі з метою підвищення ефективності виробництва і передачі електроенергії, їх рентабельності, створення умов для самостійного налагодження прямих договірних взаємовідносин зі своїми контрагентами [57].

Становлення ринкових відносин і організація маркетингу в електроенергетиці мають свою специфіку, оскільки повноцінне конкурентне ринкове середовище тут створити неможливо. Це пояснюється низкою специфічних чинників, які впливають на формування і функціонування ринкових відносин в електроенергетиці. Жорсткість зв'язку виробництва і споживання електроенергії зумовлює безальтернативність транспортування електроенергії та зв'язок електропостачальника і споживача з територіальною системою електропостачання – лініями електропередач. Якщо для транспортування інших видів енергоресурсів можливе використання альтернативних видів транспорту, то для електроенергії це неможливе. Тому суб'єкти підприємницької діяльності в електроенергетиці, які володіють магістральними та міждержавними чи місцевими електричними мережами, є «природними» монополістами, діяльність повинна регулюватися державою. Ринки можуть формуватися і діяти в електроенергетиці лише в умовах

нерозривності технологічного циклу виробництва, передачі, розподілу і використання електроенергії. Отже, необхідна єдина мережа електропередач, єдина система комерційного і технічного диспетчерування. Це вимагає дотримання певних правил, які зобов'язують будь-якого власника електромереж забезпечити рівноправне обслуговування будь-яких господарюючих суб'єктів і тим самим створити сприятливе конкурентне ринкове середовище [58].

Оскільки виробництво і споживання електроенергії збігаються в часі, то таку продукцію не можна виробити і закупити наперед, наприклад, в очікуванні покращення кон'юнктури ринку, збільшення цін на енергію чи перебоїв в електропостачанні. Тому в електроенергетиці велика увага повинна приділятися питанням прогнозу попиту не тільки за величиною, але і за часом, оскільки завищення попиту призведе до заморожування великих інвестицій, а його заниження може бути пов'язане з великими збитками для енергопостачальних компаній через зниження надійності електропостачання.

При збалансуванні попиту і пропозиції конкуренція виробників і постачальників енергії може відбуватися лише за рахунок цінових факторів, пропозиції її за нижчими цінами. Також слід враховувати, що технічні та економічні можливості передачі електроенергії на великі відстані обмежені.

Попит на електроенергію визначається такими факторами:

- економічною динамікою країни загалом і окремого регіону, про вивчення попиту якого йде мова;
- структурою електроспоживання, яка склалася в регіоні (співвідношення промислового і комунально-побутового споживання, частка енергоємних галузей виробництва);
- ефективністю і темпами електрифікації економіки і побуту;
- енергетичною ефективністю використання електричної енергії споживачами, підвищення якої не тільки надає економічні переваги, а й зменшує забруднення довкілля;
- впровадженням політики енергозбереження на рівні окремих регіонів;

- кліматичними особливостями регіону;
- різновидами та рівнями тарифів на електроенергію [58].

#### **4.2 Механізми керування попитом за наявності активного споживача**

Створення нового ринку енергії, орієнтованого на активного споживача, може принести прибутки і для кінцевих користувачів, і для суспільства:

- зменшення споживачів у мережах, які знаходяться далеко від генеруючих потужностей, як наслідок, зменшення втрат у мережах;
- більш повне та прозоре інформування споживачів про стан споживання та плату за електроенергію;
- прибуткову участь на ринку електроенергії через компанії, що займаються керуванням потоками енергії, отриманої від джерел РГ та комплексів (об'єднань) АС;
- більш ефективне споживання енергії;
- заощадження електроенергії.

Для забезпечення більш ефективної інтеграції РГ та АС у мережу переваги для споживачів та мережевої компанії повинні бути очевидними та відповідати їхнім очікуванням. Споживачі отримують таку перевагу, як активна поведінка (тобто перехід від стратегії «звичайного» споживача до «активного»), що вплине на зменшення втрат енергії в мережах електропостачання як через використання власної генерації, так і через використання систем керування навантаженням з метою його зміни в часі відповідно до поточних цін на електроенергію. Крім того, споживачі отримують можливість обирати постачальників енергії (власна генерація, віртуальна електростанція, традиційні генератори, мережа і т.д.), а також її варіантів енергії [«зелена» енергія – від нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ), енергія від традиційних джерел, енергія підвищеної якості]. [59]

Активні споживачі з чітким уявленням про свою участь і можливості у новому ринку та можливістю отримання прибутку через використання всіх своїх можливостей стануть дієвим стимулом для перетворення сучасного

суспільства на суспільство сталого розвитку.

Крім економічних мотивів окремих споживачів та енергетичних компаній, на розвиток інтелектуальних мереж та активного споживання буде впливати низка інших факторів, до яких можна віднести такі: політичні події, що відбуваються в світі та мають прямий і непередбачуваний вплив на ситуацію на ринку; поведінку учасників ринку; пасивні та активні будинки; відношення ціна/продуктивність для місцевого виробництва.

Перевагами активного споживача над звичайним є такі[59]:

- можливість самостійно генерувати енергію, що дає змогу забезпечувати більший рівень самостійності;
- можливість отримувати прибуток від продажу надлишкової енергії;
- оптимізація використання енергії залежно від миттєвих цін;
- підвищення рівня надійності енергопостачання та якості електроенергії в мережі;
- пристосування до графіка добового споживання через використання систем керування навантаженням, що дасть змогу без створення незручностей для споживачів та суттєвої зміни графіка споживання позитивно впливати на мережу;
- вирівнювання та оптимізація графіка споживання.

Активні споживачі створюють нові умови конкуренції для традиційних постачальників ринку електроенергії, зокрема: додаткову пропозицію потужності на ринок; зниження потреби в потужностях для пікового попиту; ринок системних послуг; додаткову пропозицію послуг з регулювання частоти та напруги; забезпечення надійної автономної роботи в аварійному режимі «острова»; мережеві компанії; участь в оптимізації поточних і перспективних режимів завантаження мережі, виникнення еластичного попиту на послуги.

Взаємодія між «активним» споживачем і енергетичною компанією включає в себе велику кількість різних тарифів: за електроенергію, за використання потужності, на підключення.

Тарифи для промислових і побутових споживачів можуть залежати від

регіону розташування споживача, часу доби, споживаної потужності, накопиченого обсягу споживання, планового обсягу споживання, завантаженості розподільних електромереж, оптової або роздрібної ціни електроенергії на роздрібному або оптовому ринку та інших чинників.

Керування поведінкою через тариф на товар або послугу майже автоматично передбачає диференціацію тарифу – різні ставки відповідають різним способам поведінки; для стимулювання потрібних дій тарифи знижуються, для заборони небажаної поведінки – підвищуються.

Принциповою є здатність суб'єкта керування вимірювати і спостерігати поведінку об'єкта керування. Заміри повинні бути об'єктивними, оскільки на їх основі проводиться вибір тарифів і визначаються суми взаєморозрахунків.

За кордоном напрям з регулювання енергоспоживання набув назви керування попитом, що об'єднує технічне (споживачерегулятор) і економічне (попит, керування) поняття. У ряді країн (Англія, Австралія, США та ін. ) розроблено і реалізуються проекти автоматизованого керування попитом на електроенергію з метою зниження пікових навантажень електроенергетичних систем. За допомогою створення єдиної комунікаційної системи між навантаженнями (з використанням Internet Protocol) з'явиться можливість здійснювати індивідуальну автоматизовану комунікацію з навантаженнями, і керування попитом буде здійснюватися з мінімальною затримкою в часі. На цьому етапі розвитку інтелектуальної системи енергопостачання (СЕС) проблема керування попитом вирішується на основі відповідних договорів енергосистеми з окремими споживачами енергії, побудованих на врахуванні економічних інтересів кожної сторони [51]. Розподільні компанії на основі аналізу різних об'єктів електроспоживання виявляють такі електроприймачі, які в сукупності дають змогу істотно до 25 % знизити пікове навантаження енергосистем. Серед таких електроприймачів зазвичай розглядаються кондиціонери великих житлових, комерційних і адміністративних будівель, електричні водонагрівачі, електроприводинасосів систем зрошення в сільській місцевості та ін. Після аналізу оптимізації електроспоживання компанії розробляють програми

керування попитом на електроенергію, встановлюють пільгові умови для споживачів, які погодилися добровільно брати в них участь.[53]

На жаль, особливість сучасного українського ринку електроенергії не дає змоги реалізувати в Україні повною мірою потенціал активного споживача. Причиною цього є технологічні особливості ОЕС України, система взаємовідносин на ринку електроенергії, недосконале законодавство, а також низка інших причин. На сьогоднішній день споживач на ринку електричної енергії обмежений у своїх діях щодо вибору умов споживання електричної енергії. Утримання резервних потужностей, фінансування інвестиційних проектів, модернізація мережевих компаній тощо лягають на споживача. Така обмеженість вибору споживача пояснюється специфічними особливостями існуючого ринку електричної енергії, а саме: збіг за часом процесів генерації, передачі, розподілу та споживання енергії; неможливість акумулювати електричну енергію в значних обсягах; одночасність процесів виробництва, передачі та споживання енергії; паралельна робота всіх електростанцій енергосистеми на спільний графік навантаження електроенергетичної системи; забезпечення надійного енергопостачання споживачів і необхідності відповідності режиму виробництва і споживання енергії, що вимагає створення в електроенергетиці резервних генеруючих потужностей, резервних ЛЕП, створення запасів води у водосховищах ГЕС і ГАЕС й запасів палива на ТЕС; необхідність автоматизації керування технологічними процесами в електроенергетиці та синхронне керування всіма об'єктами енергосистеми [54].

Реалізація перерахованих функцій у кінцевому результаті призводить до вибору споживачем стратегії енергопостачання: самозабезпечення; купівля електроенергії з енергосистеми; купівля електроенергії від інших споживачів; продаж електроенергії в енергосистему чи іншим споживачам.

У сучасних умовах, у тому числі й на ринку, реалізація функцій «активного» споживача в різних галузях народного господарства обмежена, що пов'язано, в першу чергу, з доступністю технологій накопичення електроенергії та розосередженої генерації, а також з конструкцією ринку електроенергії:

відсутністю ринку системних послуг, що надаються споживачем щодо зниження навантаження, відсутністю можливості видачі в мережу електроенергії від власної генерації.

Розглянемо в загальному випадку можливі варіанти взаємодії активного споживача з іншими елементами системи енергопостачання (рис. 4.2). До таких елементів можна віднести: систему енергопостачання; іншого активного споживача; звичайного споживача.

Окремо варто виділити можливість активним споживачем надавати додаткові послуги системі енергопостачання, наприклад регулювати власне споживання на вимогу системного оператора.

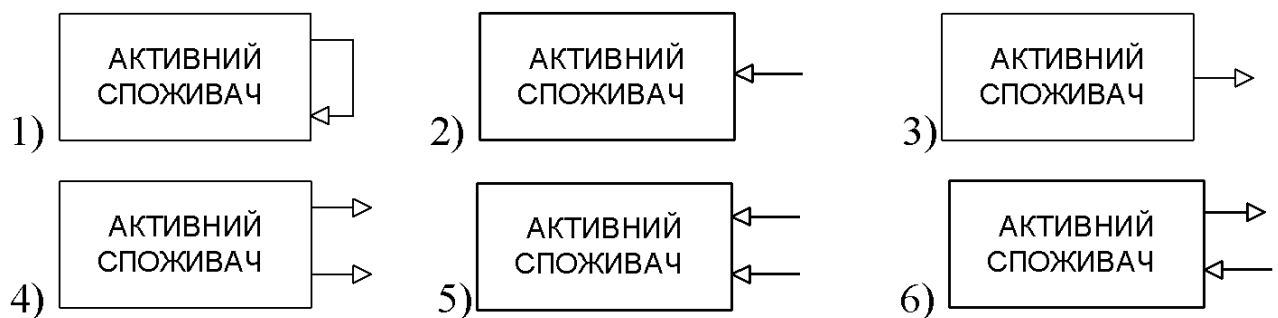


Рисунок 4.2 - Можливі варіанти взаємодії активного споживача з іншими елементами системи енергопостачання

Згідно з рис. 4.2 активний споживач має можливість:

- 1) забезпечувати самого себе електроенергією;
- 2) отримувати електроенергію від мережі або іншого АС;
- 3) отримувати електроенергію від кількох джерел ззовні;
- 4) передавати енергію іншому споживачеві (активному чи звичайному)
- 5) передавати електроенергію кільком споживачам електроенергії;
- 6) частину електроенергії отримувати ззовні, а частину передавати (активному, звичайному споживачеві або мережі).

Актуальними на цей момент є: розробка алгоритмів взаємодії обладнання між собою; алгоритми розподілу електроенергії від власних джерел РГ; алгоритм вибору режиму живлення. Особливостями АС у наведеному випадку є:

1. Наявність технологічних установок (сукупність або окремі одиниці):

– споживаюче обладнання, здатне до зміни (перенесення на інший час) навантаження;

- власні джерела РГ;
- накопичувачі електроенергії;
- системи керування навантаженням.

2. Здійснення діяльності з керування попитом, що включає:

– маневрування енергоспоживанням (зниження або перенесення навантаження за часом) з метою надання системної послуги, оплачуваної ринком електроенергії, або виходячи з мінімізації витрат на електроенергію;

– керування власною генерацією: визначення ступеня її завантаження, а також обсягу власного споживання від неї і обсягу електроенергії, що постачається на ринок;

– керування режимом накопичення електроенергії: накопичення електроенергії, що виробляється власним генеруючим джерелом, або накопичення електроенергії, споживаної з енергосистеми;

- споживання накопиченої електроенергії;
- продаж накопиченої електроенергії на ринок.

3. Функції АС в електроенергетичній системі:

– керування власним енергоспоживанням відповідно до необхідності виконання своїх виробничих планів з випуску продукції або забезпечення енергією домогосподарства, оптимізуючи свої витрати на покупку електроенергії з зовнішніх ринків;

– визначення ступеня своєї участі в наданні додаткових послуг, що полягають у наданні керованих активних і реактивних навантажень (потужностей) для керування з боку системного оператора;

– визначення умов завантаження власної потужності (за її наявності), для формування заявки на участь у купівлі/продажу електроенергії на оптовому і роздрібному ринках [49].

У світовій практиці розроблено широкий спектр механізмів керування



навантаженням (табл. 4.2). Стимулювання споживачів дає змогу забезпечити економію для системи в цілому за рахунок зниження рівня ризиків зовнішнього середовища.

Таблиця 4.2 - Механізми керування попитом

Елементи програми керування попитом	Сьогодення	Перспективний стан
Пряме керування попитом	Споживач за власним розсудом включає або відключає обладнання в години мінімуму/максимуму тарифу відповідно до існуючих тарифних меню	Обладнання споживача, оснащене відповідними пристроями для дистанційного відключення в пікові моменти і включення в моменти мінімальних цін
Програми з попиту (пропозиції)/навантаження. Програми зворотної покупки	Споживач за власним розсудом включає або відключає обладнання в години мінімуму/максимуму тарифу відповідно до існуючих тарифних меню	Споживач на основі оперативної інформації про стан ринку може відмовитись від споживання на певний період часу і продавати невикористану потужність
Програми переривання	Примусове відключення при форсмажорних ситуаціях	Відключення за згодою споживача з наданням можливості зниження виплат у бік постачальника за рахунок системи модифікації цін
Тариф, диференційований за часом доби	Споживач за своїм розсудом включає або відключає обладнання під час дії зонних тарифів	Існування як добровільних програм, так і примусових, заснованих на обов'язковій у них участі всіх споживачів. Споживач може або зобов'язаний завантажити своє обладнання під час дії того чи іншого тарифу

Продовження таблиці 4.2		
Програми зниження навантаження	Примусове зниження навантаження при форсмажорних ситуаціях	Зменшення навантаження за згодою споживача з наданням зниження виплат у бік постачальника за рахунок системи модифікації цін
Тарифікація в режимі реального часу	Робота в режимі реального часу на балансуєчому оптовому ринку електроенергії і потужності	Робота в режимі реального часу на балансуєчому оптовому ринку електроенергії і потужності, а також на рівні кінцевого споживача на роздрібному ринку
Програми потреби (пропозиції)/навантаження. Програми зворотної купівлі	Промисловий споживач на власний розсуд завантажує потужності відповідно до режимів роботи залежно від тарифу або умов контракту	Споживач на основі оперативної інформації про поточний стан ринку може відмовитись від споживання на даний момент часу і продати потужність

### Висновок до 4 розділу

Активний споживач — це споживач, який реагує та впливає на ринок енергії через систематичні дії і реакції, які націлені на мінімізацію витрат і збільшення власного та колективного прибутку. Пристосування до миттєвих цін на ринку та можливість керувати навантаженням для стабілізації графіка добового споживання є одними з найважливіших стимулів до розвитку активних споживачів та формування мікромереж

У даному розділі був проведений аналіз моделей інтеграції активного споживача в ринок електричної енергії України з якого можна зробити висновок, що повною мірою реалізувати потенціал активного споживача можна тільки поєднуючи функції обліку, контролю, керування навантаженням з акумулюванням енергії в місцях споживання та інтеграції джерел

розосередженої генерації малої потужності в мережі споживачів

Визначенно механізми керування попитом за наявності активного споживача

Ринок електричної енергії, згідно вказаного закону, це система відносин, що виникають між учасниками ринку під час здійснення купівлі-продажу електричної енергії та/або допоміжних послуг, передачі та розподілу, постачання електричної енергії споживачам

На сьогодні в електроенергетиці України активно започатковуються ринкові відносини, що зумовлено двома головними причинами. Перша з них пов'язана зі зміною зовнішніх, щодо галузі, умов господарювання. Друга причина пов'язана з необхідністю реформ усередині галузі з метою підвищення ефективності виробництва і передачі електроенергії, їх рентабельності, створення умов для самостійного налагодження прямих договірних взаємовідносин зі своїми контрагентами

Проаналізувавши ринок електроенергії в Україні приходимо до висновку, що ця галузь не є ще досконалою і потребує багатьох змін та удосконалень. В Україні електроенергетика належить до сфери дії природних монополій, діяльність яких підлягає державному регулюванню, а створення нового ринку енергії, орієнтованого на активного споживача, може принести прибутки і для кінцевих користувачів, і для суспільства

На жаль, особливість сучасного українського ринку електроенергії не дає змоги реалізувати в Україні повною мірою потенціал активного споживача. Причиною цього є технологічні особливості ОЕС України, система взаємовідносин на ринку електроенергії, недосконале законодавство, а також низка інших причин. На сьогоднішній день споживач на ринку електричної енергії обмежений у своїх діях щодо вибору умов споживання електричної енергії.

У сучасних умовах, у тому числі й на ринку, реалізація функцій «активного» споживача в різних галузях народного господарства обмежена, що пов'язано, в першу чергу, з доступністю технологій накопичення електроенергії

та розосередженої генерації, а також з конструкцією ринку електроенергії: відсутністю ринку системних послуг, що надаються споживачем щодо зниження навантаження, відсутністю можливості видачі в мережу електроенергії від власної генерації.

Проведений аналіз дозволяє визначити перспективні напрями у керуванні попитом за наявності активного споживача та обґрунтувати інноваційні рішення для стартапу.

## **5 СТАРТАП ЗІ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ**

### **5.1 Опис ідеї**

Як було зазначено у попередньому розділі, перспективним станом у розвитку методу прямого керування попитом вважається створення певного обладнання споживача, оснащеного відповідними пристроями для дистанційного відключення в пікові моменти і включення в моменти мінімальних цін. З іншого боку для програм з попиту (пропозиції)/навантаження та програм зворотної покупки важливим є отримання споживачем оперативної інформації про стан ринку, на основі якої він може відмовитись від споживання на певний період часу і продавати невикористану потужність.

Ці перспективні стани у розвитку керування попитом стають підґрунтям для стартапу, що пропонується.

Ідеєю проекту є створення програмного забезпечення для керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача для покращення енергозабезпечення та зменшення енергетичних витрат та об'єктів ЖКГ.

Проектом даного стартапу є АПК енергоспоживання за ідеальною нормою, що здійснює управління режимом роботи електрообладнання з урахуванням визначеної кількості спожитої електроенергії на підприємствах.

Назва проекту «Controller at the ideal norm»

Даний АПК здійснюватиме регулювання електроспоживання обладнання на основі проведення таких процедур:

1. Порівняння вхідної інформації з лічильника електроенергії та закладеним генератором «ідеальної норми»;
2. Визначенням різниці між цими даними;
3. Подання сигналу про зміну режиму споживання через логічний елемент до обладнання.

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Керування електроспоживанням на стороні споживача з метою підвищення енергоефективності	Об'єкти житлово комунального господарства	1.Підвищення рівня енергетичної ефективності 2.Збільшення конкурентоспроможності на ринку

Даний метод реалізований в АПК є інноваційно новим, оскільки працює за модернізованим методом, тому немає сильних конкурентів

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№, п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Потенційні товари конкурентів	Керування по методу ідеальної норми та по прогнозу			
1	Надійність системи	1	2	3		2,3	1
2	Глобальність	1	2	3		2	1,3
3	Оперативність	1	2	3	3	2	1

## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 5.3 – Технологічний аудит ідеї проекту

№, п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій

Продовження таблиці 5.3				
1	Оперативне керування обладнанням за покращеним методом	програмне забезпечення	Наявні	Доступні
2	Формування графіка ідеальної норми за даними підприємства	програмне забезпечення для контролерів	Наявні	Доступні

Отже, технології та їх доступність вже на даний момент передбачують можливість створення необхідного АПК.

### 5.3 Аналіз можливостей розвитку стартап-проекту в умовах ринку

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 5.4 – Характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців, од	135
Загальний обсяг продаж, ум.од	37600
Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Залучення інвестиції
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні як такі ,тому що використана за ідею модифікація існуючого режиму керування

Ринок є привабливим для входження, оскільки він перебуває на етапі розвитку. Також в зв'язку з переходом до нової моделі ринку даний продукт обіцяє бути актуальним та рентабельним.

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Необхідність зниження витрат на покриття неточного енергоспоживання на ринку електроенергії	Об'єкти житлово-комунального господарства	Прагнення зекономити на перевитратах на ринку електроенергії	Висока точність і швидкість керування, простота у використанні

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози
Небажання впроваджувати нові технології без відповідної поінформованості	За відсутності розуміння вигод від впровадження технології не буде ніяких інновацій на виробництві
Співпраця підприємств тільки з перевіреними фірмами що закріпилися на ринку.	Неготовність керівників господарств до венчурних інвестицій в невідомі проекти

Таблиця 5.7 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості
Реалізація вдосконаленого методу керування електроспоживанням	Метод добре застосовувати в зв'язку із впровадженням нової моделі ринку електричної енергії
Можливість меншого керування уточненням заявок на ринку	Економія як часу так і ресурсів (електроенергії) а отже і витрат



Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на господарства
Характеристика конкуренції – олігополія	Майже немає аналогічних пристроїв на поточний час	Підвищення енергоефективності за рахунок зниження собівартості продукції
За рівнем конкурентної боротьби – національний	Зменшення питомих витрат на виробництво продукції	Зменшення собівартості продукції
За галузевою ознакою – товарно-видова	Впровадження реалізується на господарствах із значною складовою навантаження та наявності споживачів регуляторів	Можливість більш раціонально використовувати електроенергію
За характером конкурентних переваг – нецінова	Вдосконалення АПК за рахунок нових режимів керування	

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти
	Розробники АПК із схожими режимами	Наявність значної кількості великих фірм конкурентів	Обізнаність в сучасних інноваційних технологіях	Потреби в АПК в сучасних умовах ринку
Висновки:	Конкурентна боротьба присутня але незначною мірою.	Можливості входу на ринок є але за рахунок значних інвестицій	Є необхідність в співпраці з виробниками різного обладнання	Клієнти слідкують за розвитком технологій, тому є необхідність задовольняти їх потреби

Оскільки розроблений нами АПК працює на модернізованому режимі ідеальної норми, то цей продукт буде хорошим відкриттям для ринку із застарілими контролерами.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Надійність системи	Забезпечує досить точне керування графіком навантаження в режимі реального часу і має підвищену надійність
Глобальність	Завдяки своїм можливостям може бути застосований на підприємствах різного профілю виробництва.
Оперативність	Здатний в режимі реального часу швидко реагувати на зміни навантаження та подавати керуючі сигнали

Таблиця 5.11 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: - Оперативність регулювання; - Побудова ідеальної норми	Слабкі сторони: - Дороге програмне забезпечення для АПК - Взаємодія тільки з відносно новим обладнанням
Можливості: - Коригування необхідних параметрів регулювання	Загрози: - Поява більш уніфікованих АПК

## 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 5.12 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
--------------------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------

	продукт	(сегменту)		
Господарства, із великим навантаженням та групами споживачів регуляторів	Готові розглянути	Результати після розгляду	Низька	Обмежена тільки фінансово

Обравши цільові групи потенційних споживачів визначаємо стратегію охоплення ринку: масовий маркетинг

Таблиця 5.13 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Так	так	ні	Стратегія виклику лідера

## 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 5.14 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Точне коригування електроспоживання	Економія на витратах за перевищення обсягів електроспоживання	АПК з модернізованим методом ідеальної норми

Таблиця 5.15 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Керування електроспоживанням за методом ідеальної норми

Продовження таблиці 5.15	
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	1. надійність 2. глобальність 3. оперативність

Таблиця 5.16 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару
Придбання товару на підставі укладення договору на технічне обслуговування на тривалий період	Проведення тренінгів, надання технічного обслуговування

### Висновок до розділу 5

Даний розділ присвячено розробці стартап проекту за темою керування попитом для покращення енергозабезпечення та зменшення енергетичних витрат та об'єктів ЖКГ. За результати дослідження:

- запропоновано ідею стартапу з програмного забезпечення управління (АПК) енергоспоживання для керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача;
- розроблено відповідний стартап проект;
- проведено аналіз стартап проект у для з'ясування можливості його впровадження на ринку і напрямків реалізації цього впровадження.

## ВИСНОВКИ

1. У першому розділі був проведений огляд підходів до керування попитом на електричну енергію за наявності активного поживача., Огляд рішень з збалансування попиту та пропозиції на ринку електроенергії., а також огляд нормативно-правової бази України з реалізації програм управління попитом

Проаналізовано сучасний стан електроенергетики України

Обґрунтована актуальність теми.

Описано тенденції розвитку DSM в світі та Україні.

Проаналізувавши програми управління попитом в рамках довгострокових і короткострокових перспектив найбільш іноваційним підходом на сьогодні визначається Demand Response.

Керування попитом на електричну енергію (Demand Response) -це зміни споживання електричної енергії кінцевими споживачами відносноїх нормального графіка навантаження у відповідь на зміну ціна на електричну енергію по час або відповідно до стимулюючих виплат,передбаченні щоб знизити споживання в періоди високіх цін на електроенергію на оптовому ринку або коли системна надійність під загрозою

Керування попитом може знижувати ціна на електроенергію на оптовому ринку , що , в свою чергу , призводить до зниження ці на роздрібному ринку. Керування попитом отримало широке визнання , як засіб забезпечення надійності на енергопостачання, інтеграції відновлюваних джерел енергії, збільшення конкуренції на ринку електричної енергії і розширення можливостей споживачі.

Для повномасштабного й ефективного використання економічних механізмів управління попитом потрібно створити систему з моніторингу, прогнозування, планування та управління використанням електроенергії як на регіональному, так і на національному рівні. Така система має бути створена з використанням новітніх технологій «інтелектуальних електромереж» та «інтелектуального обліку» в рамках відповідної національної технологічної

платформи

2. Прогнозування попиту на електроенергію – важливе питання енергетичного планування та політики. Це складне питання не тільки для країн, що розвиваються, у яких відсутні необхідні дані, підходящі моделі та інституціональний апарат, а й для промислово розвинених країн, у яких такі ускладнення відсутні.

Наукове обґрунтування розвитку енергетики на сучасному етапі становлення економіки неможливе без застосування відповідних інструментів аналізу – математичних моделей, метою яких є визначення, зокрема, прогнозного попиту на енергоресурси на основі можливих сценаріїв економічного розвитку країни з урахуванням прогнозних обсягів енергозбереження.

Отже економіко-математична модель прогнозування попиту на електричну енергію має містити зміну економічних, соціальних і демографічних чинників.

У другому розділі проаналізовані методи та методики з прогнозування попиту, які застосовуються у економіко-математичних моделях прогнозування попиту на електричну енергію які будуть використовуватись у даній роботі , а саме: апроксимація даних та екстраполяція функцій, регресійний аналіз, SWOT-аналіз. Регресійний аналіз, апроксимація даних та екстраполяція функції використовуються у розділі 3. SWOT-аналіз задіяний у стартапі (розділ 5).

3. В третьому розділі змодельовано керування попитом на електричну енергію активного споживача за допомогою множинної лінійної регресії для визначення прогнозного значення споживання електроенергії в домогосподарствах.

За математичними моделями було спрогнозовано зміни у встановленій потужності при збільшенні кількості приватних домогосподарств , які мають встановленні сонячні електростанції та отримали «зелений тариф», Використано методи апроксимації і екстраполяції.

Дані методи показали ,що при збільшенні кількості приватних

домогосподарств – збільшується різниця встановленої потужності між степеневою і лінійною функціями, а також збільшується сама встановлена потужність.

Слід зауважити що прогнозне значення отримане за лінійною функцією є меншим аніж за степеневою але не значно. Не можна віддати переваги або лінійній або степеневій так, як коефіцієнти детермінації практично однакові

Також застосований метод регресійного аналізу , а саме множинно лінійна регресія. У вигляді економічного фактору було обрано «наявний дохід у розрахунку на одну особу»

4. Активний споживач — це споживач, який реагує та впливає на ринок енергії через систематичні дії і реакції, які націлені на мінімізацію витрат і збільшення власного та колективного прибутку. Пристосування до миттєвих цін на ринку та можливість керувати навантаженням для стабілізації графіка добового споживання є одними з найважливіших стимулів до розвитку активних споживачів та формування мікромереж

У розділі був проведений аналіз моделей інтеграції активного споживача в ринок електричної енергії України з якого можна зробити висновок , що повною мірою реалізувати потенціал активного споживача можна тільки поєднуючи функції обліку, контролю, керування навантаженням з акумулюванням енергії в місцях споживання та інтеграції джерел розосередженої генерації малої потужності в мережі споживачів

Визначенно механізми керування попитом за наявності активного споживача

Ринок електричної енергії, згідно вказаного закону, це система відносин, що виникають між учасниками ринку під час здійснення купівлі-продажу електричної енергії та/або допоміжних послуг, передачі та розподілу, постачання електричної енергії споживачам

На сьогодні в електроенергетиці України активно започатковуються ринкові відносини, що зумовлено двома головними причинами. Перша з них пов'язана зі зміною зовнішніх, щодо галузі, умов господарювання. Друга

причина пов'язана з необхідністю реформ усередині галузі з метою підвищення ефективності виробництва і передачі електроенергії, їх рентабельності, створення умов для самостійного налагодження прямих договірних взаємовідносин зі своїми контрагентами

Проаналізувавши ринок електроенергії в Україні приходимо до висновку, що ця галузь не є ще досконалою і потребує багатьох змін та удосконалень. В Україні електроенергетика належить до сфери дії природних монополій, діяльність яких підлягає державному регулюванню, а створення нового ринку енергії, орієнтованого на активного споживача, може принести прибутки і для кінцевих користувачів, і для суспільства

На жаль, особливість сучасного українського ринку електроенергії не дає змоги реалізувати в Україні повною мірою потенціал активного споживача. Причиною цього є технологічні особливості ОЕС України, система взаємовідносин на ринку електроенергії, недосконале законодавство, а також низка інших причин. На сьогоднішній день споживач на ринку електричної енергії обмежений у своїх діях щодо вибору умов споживання електричної енергії.

У сучасних умовах, у тому числі й на ринку, реалізація функцій «активного» споживача в різних галузях народного господарства обмежена, що пов'язано, в першу чергу, з доступністю технологій накопичення електроенергії та розосередженої генерації, а також з конструкцією ринку електроенергії: відсутністю ринку системних послуг, що надаються споживачем щодо зниження навантаження, відсутністю можливості видачі в мережу електроенергії від власної генерації.

Проведений аналіз дозволяє визначити перспективні напрями у керуванні попитом за наявності активного споживача та обґрунтувати інноваційні рішення для стартапу.

5. Розділ присвячено розробці стартап проекту за темою керування попитом для покращення енергозабезпечення та зменшення енергетичних витрат та об'єктів ЖКГ. За результати дослідження:



- запропоновано ідею стартапу з програмного забезпечення управління (АПК) енергоспоживання для керування попитом на електричну енергію за наявності активного споживача;
- розроблено відповідний стартап проект;
- проведено аналіз стартап проект у для з'ясування можливості його впровадження на ринку і напрямків реалізації цього впровадження

Було запропоновано інструменти для обробки інформації на підставі степеневі функції та парної лінійної регресії. Запропоновано використовувати соціально-економічний показник для впливу на визначення збільшення потужності.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Круцяк М. О. Прогнозування попиту на вітчизняному ринку електричної енергії на основі результатів аналізу динаміки соціально-економічних показників. Економічний аналіз. Тернопіль, 2018. Том 28. № 3. С. 37-46.
2. Клеменс Стів. Сценарний прогноз попиту на електроенергію до 2035р ../ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://lowcarbonukraine.com/wp-content/uploads/2019/05/2019-03-15\\_PB6\\_Aggregate\\_Demand\\_Ukr.pdf](https://lowcarbonukraine.com/wp-content/uploads/2019/05/2019-03-15_PB6_Aggregate_Demand_Ukr.pdf)
3. Віктор Лір, Олександр Биконя. Економічні механізми управління попитом на ринку електроенергії../ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ua-ekonomist.com/archive/2015/2/Lir.pdf>
4. О.В. Згуровець, Г.П. Костенко. Эффективные методы управления потреблением электрической энергией../ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3094/2007\\_16\\_St\\_11.pdf?sequence=1](http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/3094/2007_16_St_11.pdf?sequence=1)
5. Ю.А. Веремійчук Методи комплексного управління електроспоживанням в умовах реформування ринкових відносин ../ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/11414/1/9\\_Veremiychuk\\_Y\\_Methods\\_of\\_complex.pdf](http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/11414/1/9_Veremiychuk_Y_Methods_of_complex.pdf)
6. Н. В. Мица. Управління попитом на електроенергію як необхідна передумова ефективної фінансової діяльності енергопостачального підприємства../[Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2010\\_6\\_3/093-098.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2010_6_3/093-098.pdf)
7. Закон України Про ринок електричної енергії (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312)
8. Про затвердження плану заходів з виконання Програми діяльності Кабінету Міністрів України та Стратегії сталого розвитку “Україна-2020” у 2015 році// Розпорядження Кабінету Міністрів України; План, Заходи від 04.03.2015 № 213-р.

9. Мица Н.В. Управління попитом на електроенергію як необхідна передумова ефективної фінансової діяльності енергопостачального підприємства / Н.В. Мица // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – №6. – Т.3. – С. 93-98.
10. Гладимин Е.В. Экономико-организационные вопросы летнего времени / Е.В. Гладимин // Электрические станции. – 1995. – № 4. – С. 42-48.
11. National Assessment & Action Plan on Demand Response. ferc.gov (1 июля 2016)
12. Explicit Demand Response in Europe - Mapping the Market 2017. Smart Energy Demand Coalition(SEDCC) (6 April 2017)
13. Гительман Л.Д. Управление спросом на электроэнергию: адаптация зарубежного опыта в России / Л. Д. Гительман // Режим доступа: [http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau\\_76\\_207.htm](http://info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm)
14. Паниковская Т. Ю. Возможности снижения платежей потребителей в условиях оптового рынка электроэнергии/ Т.Ю. Паниковская// Промышленная энергетика. - 2011. - № 11. - С. 10–13.
15. Згуровець О.В. Ефективні методи управління потреблінням електричної енергії / О.В. Згуровець, Г.П. Костенко // Проблеми загальної енергетики. – 2007. – №16. – С. 75-80.
16. Ліп В. Економічні механізми управління попитом на ринку електроенергії / В. Ліп// Економіст. – 2015. - №2. –С. 9 - 13
17. Папков Б.В. Анализ проблем формирования и внедрения дифференцированных тарифов на электроэнергию / Б.В. Папков // Энергоэффективность. Опыт, проблемы, решения. 1999. – Выпуск 1. – С. 28-34.
18. Находов В.Ф. Методологія аналізу та корегування впливу диференційованих тарифів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми України / В.Ф. На- ходов, Т.В. Яроцька, А.О. Горбенко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №6. – С. 72-75
19. Finamore B., Zhaoguang H., Weizheng L. et al. Demand-side management in China. Benefits, barriers, and policy recommendations/Natural Resources Defense

Council. [S. 1.,] URL: <http://www.nrdc.org/air/energy/chinadocs/dsm.pdf>.

20. Стрелков М.Т. Либерализация в системе рынка электрической энергии / М.Т. Стрелков // Энергетика та електрифікація. – 2012. – №10. – С.10-17.

21. Стрелков М.Т., Стрелкова Г.Г. Тарифи й інтегроване ресурсне планування в енергетиці / М.Т. Стрелков, Г.Г. Стрелкова // Зб. тез. доп. III Міжн. наук.-техн. та навч.-мет. конф. «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2016». – К.:НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – С.98-99

22. Стрелков М.Т. Регульована й диференційована тарифікація електроенергії / М.Т. Стрелков // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. – №2. – С.123-130.

23. Сколько еще газ, нефть и уголь будут ключевыми для энергетики Украины: прогноз эксперта <https://www.segodnya.ua/economics/enews/skolko-eshche-gaz-neft-i-ugol-budut-klyuchevymi-dlya-energetiki-ukrainy-prognoz-eksperta-1116650.html>

24. Макаров А.А. и др. Перспективы мировой энергетики до 2040 г./ А.А. Макаров // Мировая экономика и международные отношения. - 2014. - № 1.- С. 3-20.

25. Галкина А.А., Грушевенко Д.А., Грушевенко Е.В., Кулагин В.А., Миронова И.Ю. Перспективы развития мировой энергетики в период до 2040 г. и их влияние на российский топливно-энергетический комплекс [Электронный ресурс] //Режим доступу: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mW0mbW\\_rgf4J:https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-mirovoy-energetiki-v-period-do-2040-g-i-ih-vliyanie-na-rossiyskiy-toplivno-energeticheskiy-kompleks+&cd=2&hl=ru&ct=clnk&gl=ua&client=opera](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mW0mbW_rgf4J:https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-mirovoy-energetiki-v-period-do-2040-g-i-ih-vliyanie-na-rossiyskiy-toplivno-energeticheskiy-kompleks+&cd=2&hl=ru&ct=clnk&gl=ua&client=opera)

26. Державне підприємство «Енергоринок». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gp.er.gov.ua>.

27. Праховник А.В., Розен В.П., Дегдарев В.В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий . – М: Недра. 1985. – 229с.

28. Egelioglu F., Mohamad A. A., Guven H. Economic variables and electricity

consumption in Northern Cyprus. *Energy* 2001; 26:355–62.

29. Harris J. L., Liu L. Dynamic structural analysis and forecasting of residential electricity consumption. *Int J Forecast* 1993;9: 437–55.

30. Yan Y. Y. Climate and residential electricity consumption in Hong Kong. *Energy* 1998; 23(1): 17–20.

31. Rajan M, Jain VK. Modelling of electrical energy consumption in Delhi. *Energy* 1999; 24: 351–61.

32. Fung Y. H., Tummala V. M. R. Forecasting of electricity consumption: a comparative analysis of regression and artificial neural network models. *IEE Second International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, Hong Kong; 1993. p.782-7.*

33. Liu X. Q., Ang B. W., Goh T. N. In: Forecasting of electricity consumption: a comparison between an econometric model and a neural network model. In: *IEEE International Conference on Neural Networks*, vol. 2; 1991. p. 1254–9.

34. Lakhani H. G., Bumb B. Forecasting demand for electricity in Maryland: an econometric approach. *Technol Forecast Soc Change* 1978;11:237–61.

35. Makridakis S., Wheelwright S. C. *Forecasting methods for management*, 5th ed. New York: Wiley; 1989.

36. Makridakis, S., Wheelwright, S. C. (1989). *Forecasting methods for management*. New York: Wiley.

37 Prerequisites for Regulatory Innovations in Ukraine under Renewable Energy Sector Development / Strelkova H., Ghaderi A., Strelkov M., Ishchenko O.// 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). – IEEE, 2019. – C. 365-370.

38. Апроксимація даних [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj\\_komp%27yuterne\\_modelyuvannya\\_system\\_procesiv/t1/62..htm](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t1/62..htm).

39. Методи екстраполяції [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/1818052040771/buhgalterskiy\\_oblik\\_ta\\_audit/metodi\\_ekstrapolyatsiyi](https://pidruchniki.com/1818052040771/buhgalterskiy_oblik_ta_audit/metodi_ekstrapolyatsiyi)

40. Регресійний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://pidruchniki.com/17280924/ekonomika/regresiyniy\\_analiz](https://pidruchniki.com/17280924/ekonomika/regresiyniy_analiz).
41. Регресійний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7).
42. Стрелкова Г.Г. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ: «РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ»/ Г.Г. Стрелкова – 2017.
43. SWOT-аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://pidruchniki.com/1577111551903/marketing/swot-analiz>.
44. Microsoft Excel [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Excel](https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel).
45. Кулик М.М., Майстренко Н.Ю., Маляренко О.Є. Двоетапний метод прогнозування перспективного попиту на енергетичні ресурси. Енерготехнологии и ресурсосбережение. 2015. №5-6. С. 25—33.
46. Cambridge Dictionary Online. Cambridge Business English Dictionary [Електронний ресурс] — Режим доступу :  
<http://dictionary.cambridge.org/dictionary/business-english/prosumer>
47. Forbes Thought Of The Day [Електронний ресурс] — Режим доступу  
<http://www.forbes.com/si0/07/03/the-shift-from-consumers-to-prosumers/>
48. Праховник А. В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения / А. В. Праховник. — К. : Освіта України, 2007. — 464 с.
49. Волкова И.О., Шувалова Д.Г., Сальникова Е.А. Активный потребитель в интеллектуальной энергетике // Академия энергетики. – 2011. – № 2 [40]. – С. 50–57.
50. Требования к функциональным областям ИЭС ААС. [Електронний ресурс]: – М., 2013. – С. 144. Режим доступу: [http://www.grid2030.ru/userfiles/Funkt\\_trebovaniya.pdf](http://www.grid2030.ru/userfiles/Funkt_trebovaniya.pdf)
51. Worldwide Survey of Network-driven Demand-side Management Projects

Research Report No 1. Task XV of the International Energy Agency Demand Side Management Programme. Second Edition. Revised 10 October 2008. – [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.efa.com.au>

52. Веселов Ф.В. Активные потребители как важный фактор активного развития интеллектуальной энергетики в России [Электронный ресурс]: Режим доступу: [www.eriras.ru/files/veselov\\_ies.pdf](http://www.eriras.ru/files/veselov_ies.pdf)

53. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Smart Grid: концептуальные положения // Энергорынок. – 2010. – № 03 (75).

54. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес: Уч. пособие для студентов. – 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2006. – 600 с.

55. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII

56. Джигун О.М., Саух С.Є. Особливості нової моделі енергоринку України / О.М. Джигун, С.Є. Саух// Режим доступу: [file:///C:/Users/User/Downloads/Mtit\\_2016\\_77\\_3.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Mtit_2016_77_3.pdf)

57. Бохонко І. В. Особливості формування ринку електроенергії України на конкурентних засадах/ І. В. Бохонко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. – 2015. - №3. – С.33-37

58. Беляев Л.С. Системный подход при управлении развитием электроэнергетики. / Л.С. Беляев, Г.В. Войцеховская, В.А. Савельев и др. – Новосибирск : Наука, 1980. – 240 с.

59. Денисюк С.П., Базюк Т.М. Особливості формування активного споживача в сучасних електромережах // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 3. – С. 75–79.

60. Сколько еще газ, нефть и уголь будут ключевыми для энергетики Украины: прогноз эксперта <https://www.segodnya.ua/economics/enews/skolko-eshche-gaz-neft-i-ugol-budut-klyuchevymi-dlya-energetiki-ukrainy-prognoz-eksperta-1116650.html>

61. Макаров А.А. и др. Перспективы мировой энергетики до 2040 г./ А.А. Макаров // Мировая экономика и международные отношения. - 2014. - № 1.- С. 3-20.

62. Галкина А.А., Грушевенко Д.А., Грушевенко Е.В., Кулагин В.А., Миронова И.Ю. Перспективы развития мировой энергетики в период до 2040 г. и их влияние на российский топливно-энергетический комплекс [Электронный ресурс] / А.А. Галкина, Д.А. Грушевенко, Е.В. Грушевенко, В.А. Кулагин, И.Ю. Миронова// Режим доступу: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mW0mbW\\_rgf4J:https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-mirovoy-energetiki-v-period-do-2040-g-i-ih-vliyanie-na-rossiyskiy-toplivno-energeticheskiy-kompleks+&cd=2&hl=ru&ct=clnk&gl=ua&client=opera](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mW0mbW_rgf4J:https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-mirovoy-energetiki-v-period-do-2040-g-i-ih-vliyanie-na-rossiyskiy-toplivno-energeticheskiy-kompleks+&cd=2&hl=ru&ct=clnk&gl=ua&client=opera)
63. Аналіз розвитку відновлювальної енергетики в Україні / Стрелкова Г.Г., Андрушков О.В., Іщенко О.С., Далібожак І.І. // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку: Збірник праць IV Міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., 25-27 квітня 2017 р., Київ - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.- С.118-119.
64. Сучасний стан розвитку відновлюваної енергетики України в сфері електрогенерації / Стрелкова Г.Г., Далібожак І.І., Андрушков О.В., Іщенко О.С. // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку: Збірник праць IV Міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., 25-27 квітня 2017 р., Київ - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.- С.120-121.
65. Регіональний розвиток відновлюваної енергетики в Україні / Стрелкова Г.Г., Іщенко О.С., Андрушков О.В., Далібожак І.І. // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку: Збірник праць IV Міжнар. наук.-практ. та навч.-метод. конф., 25-27 квітня 2017 р., Київ - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.- С.122-124.
66. Держстат України/ Публікації/ Демографічна та соціальна статистика / Доходи та умови життя [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/virdg.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/virdg.htm).
67. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП)/ Інформація для учасників роздрібного ринку електричної енергії щодо побутових споживачів електричної



енергії, які встановили генеруючі установки в ме [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nerc.gov.ua/index.php?news=9365>.

68. Держенергоефективності України / Інформаційні матеріали [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://saee.gov.ua/uk/content/informatsiyni-materialy>.